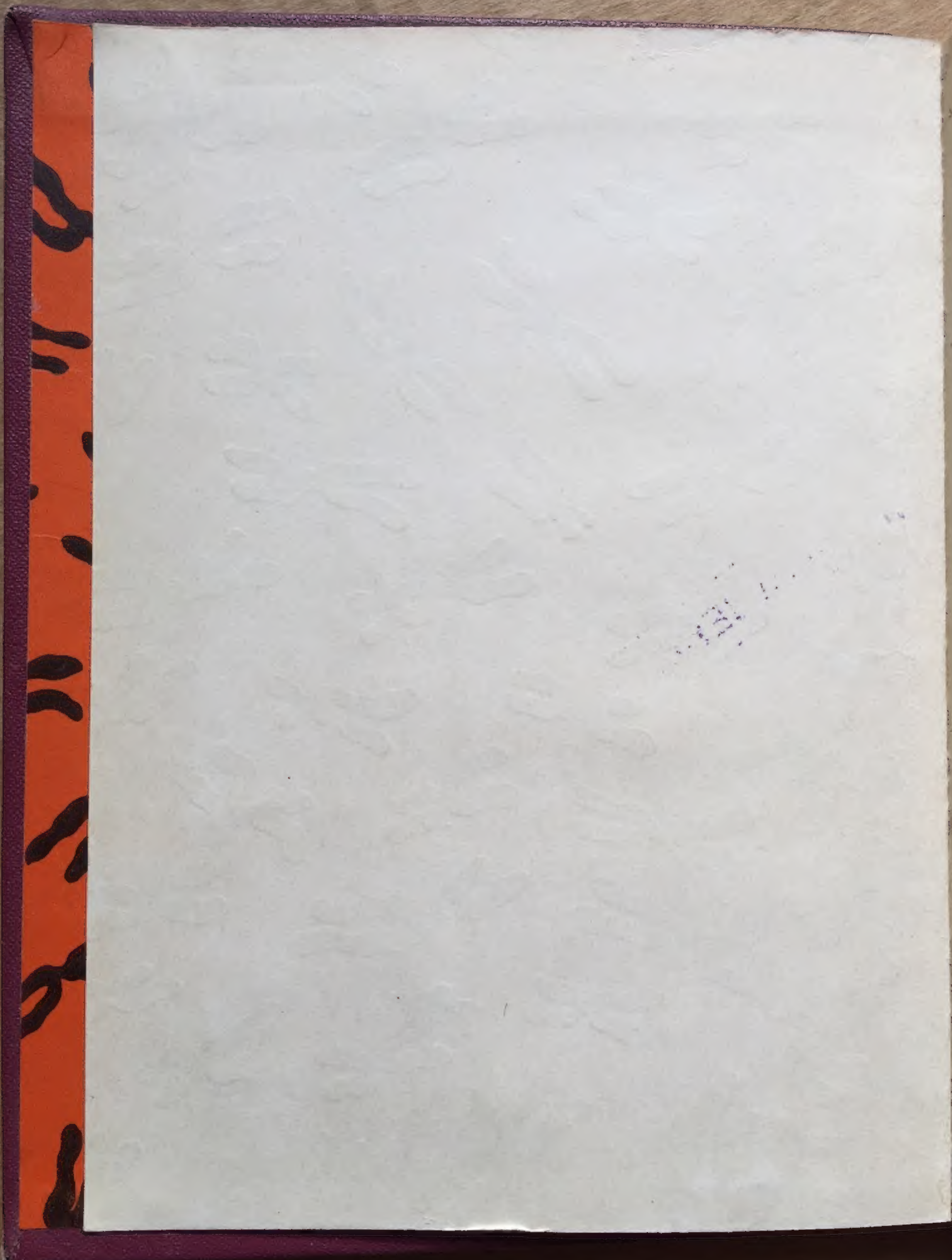


И. И. МЕДВЕДЕВ

**БЕСЕДЫ
ПО БИОЛОГИИ
ПОЛА**

58179





Н. Н. МЕДВЕДЕВ

57.12 ~~57.02~~
M42,

БЕСЕДЫ ПО БИОЛОГИИ ПОЛА

К-67-180
ПОГАШЕНО

к-90
пр.92

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ВЫШЭЙШАЯ ШКОЛА»
МИНСК 1972

АБОНЕМЕНТ

57.02

М 42

УДК 571.1 (023)

М42 **Медведев Н. Н.**
Беседы по биологии пола. Мн., «Вышэйш. шко-
ла», 1972.
240 стр. с илл.

Читатели, не обладающие специальной биологической подготовкой, вниманию которых эта книга предназначена в первую очередь, найдут в ней ответы на следующие основные вопросы: почему каждый из нас родился представителем именно данного, а не другого, противоположного пола; почему на каждую тысячу девочек рождается столько же мальчиков у человека, на каждую тысячу самок рождается столько же самцов у животных подавляющего большинства видов, размножающихся половым путем; отчего некоторые близнецы бывают настолько похожи друг на друга, что даже мать не в состоянии их различать без специальных опознавательных предметов; можно ли искусственно регулировать пол потомства по желанию, достигнуты ли в этом направлении какие-либо успехи в опытах на животных и какие последствия вытекали бы из попыток применения этого метода к человеку.

2-10-2

58—72

57.02

БИБЛИОТЕКА М. 67

ОГЛАВЛЕНИЕ

5 ПРЕДИСЛОВИЕ

9 ВВЕДЕНИЕ

19 Глава I.

БИОЛОГИЯ И МЕХАНИЗМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛА У ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

Сходство строения организмов (24). Клетки — мельчайшие единицы жизни (26). Деление клетки (28). Половые клетки и зародыши (36). Развитие животных организмов (40). Созревание половых клеток и определение пола у дрозофилы (46). Созревание половых клеток и определение пола у человека (64). Гормоны и пол (69). Определение пола у бабочек и птиц (83). Численное равенство полов в природе (87). Биологическое значение уменьшения числа хромосом в половых клетках (101).

104 Глава II.

К КАКИМ ПОСЛЕДСТВИЯМ ПРИВОДЯТ НЕПРАВИЛЬНОСТИ РАСХОЖДЕНИЯ ХРОМОСОМ В ПРОЦЕССЕ КЛЕТОЧНЫХ ДЕЛЕНИЙ

Дрозофила. Пол в норме (105). Нерасхождение половых хромосом и абберрантные половые типы у дрозофилы (106). Роль половых хромосом в определении пола у дрозофилы. Половой индекс (112). Человек (117). Абберрантные комплексы половых хромосом и хромосомные болезни (125). Абберрантные аутосомные комплексы (130). Происхождение телец Барра (131). Роль половых хромосом в определении пола у человека (134).

139 Глава III.

БЛИЗНЕЦЫ У ЧЕЛОВЕКА

Разнояйцевые близнецы (143). Однояйцевые близнецы (146). Частота рождения близнецов (149). Исследования на близнецах (152). Результат исследований на близнецах (160). Наследственные болезни (170). Ненаследственные болезни (173).

179 Глава IV.

МОЖНО ЛИ РЕГУЛИРОВАТЬ ПОЛ ПОТОМСТВА ПО ЖЕЛАНИЮ?

Опыты с животными (182). Бабочки и птицы (190). Искусственное регулирование пола у человека. Сложность проблемы (199). Человек и общество (205). Медицинские проблемы (211). Морально-этические проблемы (213). Женщина и общество (216).

228 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

231 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, В КОТОРОЙ МОЖНО НАЙТИ СВЕДЕНИЯ ПО БИОЛОГИИ ПОЛА И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

234 ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Перелистывая по временам наиболее яркие страницы своего раннего детства, я по контрасту неизменно вспоминаю одно обстоятельство, которое в летние месяцы года мешало мне шесть дней в неделю наслаждаться неограниченной свободой — неотъемлемой привилегией этого возраста.

Это обстоятельство было связано с особой приверженностью моей матери к содержанию в своем полунатуральном хозяйстве десятка кур, надзор за которыми на время летних полевых работ возлагали на меня, как на самого младшего члена семьи.

Вообще говоря, куры не требовали никакого особенного ухода, кроме того, что дважды в день им нужно было бросить по несколько горстей зерна, когда тень от стоявшей около хаты березы приходила на определенные отметки на земле. (Часов у нас не было.)

Несравненно труднее была другая сторона моего опекуинства над курами, а именно — не допускать проникновения их в огород, в котором, кроме других овощей, мать выращивала годовой запас рекордно крупного по тем местам репчатого лука. Наряду с курами репчатый лук был предметом особой гордости матери, и она ухаживала за ним с большим старанием и любовью.

Конечно, сидя целый день у забора, можно было без особого труда справиться и с этой обязанностью. Но как тут усидишь на месте бесконечно длинный летний день, когда твои сверстники то запускают под самые облака бумажного змея, то с подчеркнутой гордостью проходят мимо с полными корзинками лесной земляники и малины, подосиновиков и боровиков и других даров природы. И что греха таить — я нет-нет да и нарушал данные мне предписания, оставляя кур без присмотра. А они как будто только этого и ждали. Предводительствуемые заводилой-петухом, они мигом перелетали через частокол и устраивали

на огороде нечто вроде куриного пляжа: взрыхляли еще не окрепшие грядки, купались в теплой рыхлой земле, как в воде, и, конечно, наносили посевам существенный вред.

Несмотря на позднее возвращение с работы и усталость, мать, не говоря ни слова, принималась за ликвидацию последствий «налета» кур на грядки. Она не наказывала меня, но ее молчание действовало сильнее наказания. Как я ненавидел тогда кур, которые в те поздние часы дремали на нашесте и изредка, как мне представлялось, перебранивались друг с другом на своем птичьем языке! Мне казалось, что куры — самое большое зло в жизни, и как было бы хорошо, если бы петухов, например, вообще не было на свете. Ведь не было же петуха у нашей соседки, тетки Арины, а ее куры неслись не хуже наших. Правда, каждую весну, когда тетке Арине нужно было выводить цыплят, она почему-то приходила к моей матери с двумя десятками яиц и просила обменять их на яйца, снесенные нашими курами. На это и все другие мои недоумения, конечно, никто не мог дать ответа.

В душе мать, безусловно, сочувствовала моим огорчениям, и мое искреннее желание ликвидировать в стаде заводилу-петуха поддерживала следующим, казавшимся мне убедительным доводом: «Ну хорошо,— говорила она, когда приходила пора закладывать под наседку яйца,— вот отбери на счастье такие яйца, из которых не вывелось бы ни одного петушка, и тогда будет по-твоему: будут и наши куры гулять без петуха, и тебе будет легче их караулить».

Нечего и говорить, с каким волнением и заклинаниями я выполнял эту таинственную операцию. Но, увы, все мои заклинания ни к чему не приводили: каждый раз среди цыплят неизменно появлялись петушки, и моя неприязнь к ним возрастала тем сильнее, чем раньше и ярче проявлялись у них петушиные признаки и повадки.

С той поры прошло не одно десятилетие. Но если годы своего раннего детства мне пришлось бы пережить заново, то при том же семейном укладе мне снова пришлось бы

пасти кур, утешая себя той же иллюзорной надеждой избавиться от ненавистных петухов путем «счастливого» выбора яиц для выведения цыплят. Ни жизненный опыт, ни приобретенные знания не облегчили бы решение этой задачи и не избавили бы меня от скучной обязанности снова караулить кур.

Это утверждение звучало бы как парадокс, если бы его оставить без разъяснения. В самом деле, неужели в разгадку рассматриваемого вопроса наука не внесла за это время ничего нового? Да, это действительно так. Как в годы моего детства, так и сейчас не существует способа различать яйца на курочек и петушков, и у меня нет оснований хотя бы задним числом «сокрушаться» о моей детской «неосведомленности». Однако за это время очень многое стало известно. В частности, теперь стало доподлинно известно, что надо сделать для решения той задачи, о которой идет речь. А в науке это уже огромный шаг вперед, показывающий, куда следует направить усилия, если решение данной задачи представляет интерес, важность или даже жизненную необходимость. На протяжении книги читатель встретит многочисленные примеры, иллюстрирующие непреложность этого принципа, и найдет ответы на многие другие вопросы, выходящие далеко за пределы моих детских воспоминаний.

Рукопись книги читали многие мои друзья-специалисты и рядовые читатели, не обладавшие специальной биологической подготовкой. К мнению последних о том, насколько понятно мне удалось изложить некоторые сложные вопросы биологии пола, я прислушивался с особенно пристальным вниманием.

Некоторые мои неофициальные рецензенты и оппоненты сделали ряд ценных замечаний, за что я выражаю им благодарность. Это, однако, не снимает с меня ответственности за возможные промахи, а также за трактовку некоторых затронутых в книге вопросов, допускающих иную или даже иные точки зрения.

В заключение я приношу извинения всем тем, кто взял на себя труд по просмотру рукописи, за то, что не привожу здесь их фамилии. Я не делаю этого лишь потому, что полный их перечень занял бы слишком много места, а любой выборочный список не отразил бы истинного отношения к рукописи моих оппонентов и рецензентов.

Ордена Трудового Крас-
ного Знамени
Институт эпидемиологии
и микробиологии
им. почетного академика
Н. Ф. Гамалеи
Академии медицинских
наук СССР
Москва

Н. Медведев,
доктор биологических
наук

ВВЕДЕНИЕ

Проблема определения пола, т. е. совокупность вопросов о причинах возникновения особей мужского и женского пола у живых существ, представляет собой один из интереснейших и увлекательных разделов биологии. Она привлекала к себе внимание человека со времен глубокой древности. И действительно, врачи разных специальностей, биологи, практики сельского хозяйства — все они в той или иной мере соприкасались и соприкасаются с различными сторонами проблемы пола.

Врачей проблема пола интересовала главным образом с точки зрения болезней и расстройств половой сферы у человека. Биологов она не переставала поражать исключительным богатством и разнообразием способов и форм полового размножения, с которым едва ли может конкурировать любое другое биологическое явление. Практики сельского хозяйства кровно заинтересованы в получении преобладающего количества особей мужского или женского пола или в получении двоен и троен у тех животных, у которых обычно рождается по одному детенышу, и т. д.

Наконец, любознательность всех людей и всех поколений в одинаковой мере и раньше всего занимали самые общие и самые очевидные вопросы: почему в одних случаях рождаются мальчики, а в других — девочки; почему из двух-трех десятков положенных под наседку яиц вылупляются петушки и курочки — приблизительно поровну тех и других; почему нельзя сделать так (и можно ли это сделать вообще), чтобы из положенных под наседку яиц вылуплялись преимущественно или только курочки, а менее выгодные в хозяйстве петушки появлялись бы в ограниченном количестве или не появлялись бы вовсе? И наконец, если имеется возможность регулировать пол потомства по желанию, то спрашивается, когда и что нужно для этого сделать, чтобы не только удовлетворить любознательность, но извлечь из этого и практическую выгоду?

Мы упомянули лишь немногие из тех вопросов, которые так или иначе связаны с проблемой определения пола. Важность их вполне очевидна, чтобы понять тот интерес, с которым относились к вопросам пола представители самых разнообразных биологических и медицинских специальностей.

Не удивительно, что все эти вопросы столь же стары, как само человечество, и что представителей древних культур и цивилизаций они занимали не меньше, чем занимают нас. Отсюда становится понятным и тот факт, что, пожалуй, никакое другое биологическое явление не породило столько разнообразных теорий, сколько их было предложено в разные времена для объяснения причин возникновения особей мужского и женского пола у животных и особенно у человека.

По свидетельству историографов науки, уже в XVII веке число этих теорий превышало две с половиной сотни. В последующие столетия их число возросло едва ли не вдвое. И тем не менее никому из многочисленных исследователей этой проблемы в прошлом не удалось проникнуть глубоко в выяснение причин и механизма определения пола и дать ему правильное, научное объяснение.

Плодотворная разработка проблемы определения пола началась лишь в начале текущего столетия в связи с успехами генетики — науки о наследственности. С того времени, когда в рамках этой науки и, в частности, в вопросе определения пола были сделаны первые важные открытия, прошло немногим более 50 лет. За эти годы трудами ученых всех стран этот вопрос выяснен весьма подробно.

Правда, многое в нем решено еще далеко не до конца. В науке всегда бывает так, что выяснение любого важного вопроса открывает еще более широкие горизонты, ставит на повестку дня другие, все новые и новые вопросы и задачи. Да и окружающий нас живой мир слишком велик и разнообразен для того, чтобы думать, что то или иное биологическое явление, даже если оно досконально выяс-

нено и многократно подтверждено на многих животных и растениях, окажется столь же справедливым по отношению ко всем другим, еще недостаточно или вообще не изученным организмам. Потребуется немало усилий, чтобы интересующий нас вопрос выяснить во всех его мельчайших подробностях. Тем не менее современная, генетическая, теория определения пола, о которой ниже пойдет речь, и дальнейшие перспективы ее развития уже сейчас ясны в той мере, чтобы рассказать о них широкому кругу читателей, не обладающих специальной биологической подготовкой.

Современные исследователи проблемы пола имеют все основания оглянуться на пройденный путь с чувством глубокого удовлетворения. Достигнутые здесь успехи настолько убедительны, что за всю 50-летнюю историю ее развития не известно ни одной попытки взять ее под сомнение, так или иначе опорочить.

Что же касается многочисленных теорий определения пола, которые предлагались учеными вплоть до начала XX столетия, то сейчас все они сданы в архив истории науки. Они интересны, поучительны, порой увлекательны, но и только. Это своеобразный калейдоскоп исканий и заблуждений, иногда весьма смелых и остроумных догадок, живая летопись того, как много усилий было сконцентрировано на решении этой биологической загадки. Авторы этих теорий не могут разделить с нами чувства удовлетворения за новейшие успехи в этой области науки. Однако не следует забывать, что их усилиями руководили столь же искренние намерения на пути общего прогресса человеческих знаний и что с этой точки зрения предложенные ими теории представляют определенный исторический интерес.

Итак, нам предстоит приподнять завесу над одной из сокровенных тайн природы и выяснить, где, когда и в чем заключаются те события, или процессы, которые в каждом конкретном случае приводят к развитию зародыша

того, а не противоположного пола, и каков тот биологический механизм, который столь надежно регулирует численное равенство полов в природе и на все явления в целом накладывает отпечаток удивительной гармонии и целесообразности? Формулируя таким образом вопрос, пытливый человеческий ум всегда исходил из представления, что все процессы и явления в природе осуществляются на основе каких-то определенных причин и механизмов и что рано или поздно они могут и должны быть познаны.

Мы едва ли ошибемся, если скажем, что тема настоящей книги больше всего интересует читателя применительно к человеку. Поэтому, казалось бы, с человека мы и должны начать изложение вопроса и вокруг него сосредоточить все внимание.

Тем не менее мы не пойдем по этому пути, сколь бы он ни казался легким и соблазнительным. Против него можно было бы привести много доводов. Мы ограничимся главным из них, заключающимся в том, что в познании собственной биологической природы человек очень часто вынужден интересующие его сведения почерпать из опытов на разнообразных лабораторных животных. Если бы это было не так, если бы в познании природы биологических явлений ученые ограничивались лишь одними наблюдениями, то многие ее тайны остались бы скрытыми от нас на долгие времена. Недаром один ученый сказал по этому поводу, что «природу надо пытаться, чтобы вырвать у нее ее тайны». Иначе говоря, надо поставить ее в такие необычные условия, при которых она заговорила бы на понятном нам языке и дала бы возможность глубже проникнуть в сущность биологических явлений.

Однако «пытать» человека, т. е. ставить на нем такие опыты, какие ставят на лабораторных животных, нельзя — права на это не дано никому, несмотря на то, что конечная цель всех биологических и медицинских опытов не в последнюю очередь направлена на пользу самого же человека. Поэтому в познании биологической природы челове-

ка ученые зачастую вынуждены идти окольными путями, учитывая при этом, что в отношении механизма определения пола человек — такой же объект живой природы, как и все другие окружающие его живые существа.

Механизм определения пола у человека так же, как, скажем, причины его заболеваний и способы лечения, раньше всего и всесторонне изучают на лабораторных животных. Лишь после тщательной и многократной проверки полученные на лабораторных животных результаты и вытекающие из них выводы с соответствующими предосторожностями и поправками переносят на человека.

Вероятно, не все наши читатели имеют представление о том, сколько сотен и тысяч миллионов лабораторных животных — мышей, крыс, кроликов, морских свинок, обезьян — поплатилось жизнью, прежде чем при помощи предохранительных прививок и других средств защиты ученые-медики научились страховать человечество от таких опасных инфекционных болезней, как оспа, чума, холера, полиомиелит, а ликвидацию других болезней поставить задачей ближайшего будущего. Подсчитано, например, что только для опытов по выяснению причин возникновения и разработке методов лечения рака ежегодно используют по несколько десятков миллионов мышей и других лабораторных животных. Поистине неоценимы их жертвы перед наукой и человечеством!

И. П. Павлов, по-видимому, первым из ученых отдал долг признательности тем животным, на которых он всю жизнь изучал важнейшие вопросы физиологии: посетители носящей его имя лаборатории в Институте экспериментальной медицины (в Ленинграде) с нескрываемым любопытством останавливаются перед необычным памятником — статуей собаки на пьедестале.

Все сказанное об изучении причин возникновения болезней человека в такой же мере относится и к изучению механизма определения пола: решающие и наиболее убедительные доказательства современной теории определе-

ния пола были и здесь получены на лабораторных животных. И хотя на людях нельзя ставить прямые опыты и изучать рассматриваемый вопрос так, как это делают на лабораторных животных, однако их, как и все в природе, можно наблюдать и сравнивать с разнообразных точек зрения. Человека можно наблюдать в семье и в обществе, на работе и на отдыхе, когда он здоров и жизнерадостен, и в клинике, когда он подавлен своей болезнью; можно изучать его склонности и способности к музыке или к сценическому искусству, к математике или к общественным наукам и т. д.

Наконец, микроскоп дает возможность глубоко проникнуть в клетки, составляющие тело человека. Идя, в частности, этим последним путем, ученые собрали богатый научный материал и о самом человеке. Сопоставление этого материала с теми данными, которые были получены в опытах с лабораторными животными, не оставляет сомнения в общности тех процессов, которые лежат в основе определения пола у человека и у других живых существ.

Поэтому для рассмотрения теории определения пола и отдельных ее деталей мы будем привлекать самые разнообразные организмы и при прочих равных условиях отдавать предпочтение тем из них, на которых общие и частные вопросы этой теории были исследованы раньше всего и наиболее подробно, а также в тех случаях, когда в силу биологических особенностей этих организмов интересующие нас вопросы можно изложить более понятно.

Необходимо сказать несколько слов о содержании книги. Проблема пола во всей ее сложности — от бактерий и вирусов до человека — слишком обширна и многогранна, чтобы все ее детали пытаться сделать доступными для читателей, не обладающих специальной биологической подготовкой.

Так, например, многое из того, что будет сказано ниже об определении пола у животных и человека, в равной мере справедливо и по отношению к растениям. Их мы,

однако, не будем касаться. Для этого нам пришлось бы описать многие особенности полового процесса у растений, которые, несомненно, нарушили бы разумное для такой книги равновесие между общим и частным, более важным и менее важным и, кроме того, потребовали бы гораздо большего внимания читателей для их усвоения.

По тем же соображениям мы не будем касаться проблемы пола у простейших форм жизни — бактерий и вирусов, так как доказательство наличия у них своеобразного полового процесса носит гораздо более сложный характер.

Таким образом, мы ограничим свою задачу знакомством с теми высокоорганизованными представителями мира животных, у которых существует четкая дифференциация на женские и мужские особи и на которых механизм определения пола выяснен наиболее подробно. Они же для основного контингента наших читателей, несомненно, представляют и наибольший интерес.

Книга состоит из четырех глав, неравноценных по сложности материала и легкости его усвоения.

Глава I посвящена знакомству с механизмом определения пола в норме, т. е. во всех тех случаях, когда процессы, лежащие в основе этого механизма, приводят к развитию нормальных в половом отношении мужских и женских особей, т. е. самцов и самок у животных, мальчиков и девочек у человека. Это те представители двух полов, с которыми мы привыкли иметь дело в повседневной жизни и с которыми у нас связано представление о мужском и женском начале вообще.

Однако в природе нет законов без исключений, всеобщих принципов без ограничений, как нет света без тени, нормы без патологии, непрерывного развития и совершенствования живых существ без тупиков эволюции, приведших к исчезновению с лица земли огромного количества животных и растительных форм в минувшие геологические эпохи. Более того, по современным представлениям, вся длительная эволюция живых существ протекала и проте-

кает на основе бесконечных «проб» природы, из которых естественный отбор на основе выживания наиболее приспособленных создавал и создает наиболее совершенные формы жизни.

С этой точки зрения проблема гармонического соотношения мужского и женского в природе не составляет исключения. Биологический механизм, который рассмотрен в главе I, как правило, приводит к образованию нормальных самцов и самок у животных, мальчиков и девочек у человека.

Однако этот механизм иногда дает «осечки», срабатывает неправильно, и тогда возникают исключительные в половом отношении формы, природа и особенности которых зависят от характера, от деталей обусловивших их нарушений. Примеры нарушений механизма определения пола и типы возникающих при этом ненормальных в половом отношении форм рассмотрены в главе II.

В соответствии со сказанным материал I главы более прост для усвоения. Это, так сказать, первая ступень знакомства с биологическими основами проблемы пола, и для понимания приведенных в этой главе сведений не требуется ничего, кроме внимательного чтения и запоминания немногих специальных терминов, значение которых объяснено в соответствующих местах книги.

Глава II — это следующая ступень знакомства с проблемой пола. Она несколько труднее для восприятия уже по одному тому, что предполагает прочное усвоение материала первой главы книги. Кроме того, поскольку речь в ней идет об исключительных случаях и не только на объектах лабораторных, но и у человека, она по необходимости написана несколько более специальным языком, с привлечением некоторых новых, неизбежных при этом понятий и терминов.

Главы III и IV, помимо их непосредственной связи с основной темой книги, представляют также большой самостоятельный интерес.

58185

1418

В
являе
ских
опред
рых
прия
стор
пря
что
даёт
охра
дений
К
ным
дроз
ным
и фа
попу
чел
врем
П
посв
ните
она,
боле
во в
ству
опре
ству
Т
коно
прог
тель
даже
явля
чел

58129

В соответствующих местах книги показано, что человек является неблагоприятным объектом для медико-биологических исследований и в том числе для изучения механизма определения пола. Однако однояйцевые близнецы, о которых речь идет в главе III, предоставляют человеку благоприятную возможность подойти к исследованию многих сторон его собственной биологической природы наиболее прямым и действенным путем. Поэтому не удивительно, что близнецам и близнецовому методу исследований придается в наши дни все большее значение, а наша система охраны здоровья населения и широкая сеть детских учреждений предоставляют тому очень широкие возможности.

Как известно, на первом этапе развития генетики основным объектом в изучении явлений наследственности была дрозофила. Ныне, на новом этапе развития генетики, главными объектами исследований являются микробы, вирусы и фаги. Можно смело сказать, что следующим, столь же популярным объектом биологии и медицины станет сам человек и что исследования на человеческих близнецах со временем будут приобретать все большее значение.

Проблема искусственного регулирования пола, которой посвящена глава IV, помимо ее большого значения применительно к сельскохозяйственной практике, где в будущем она, несомненно, сыграет большую роль, становится все более «модной» в приложении к человеку. В науке, как и во всякой другой сфере человеческой деятельности, существуют «моды», или преувеличенная приверженность к определенным объектам и методам исследования, к господствующим в данный период теориям и т. д.

Такая «смена вех» и переоценка ценностей вполне закономерна, поскольку отражает общий научно-технический прогресс человечества. Но иногда она принимает нежелательные формы и превращается в моду в ее вульгарном и даже вредном смысле. Одним из таких «модных» вопросов является проблема искусственного регулирования пола у человека. В этой связи мы сочли нужным дать краткий

обзор современного состояния данного вопроса в отношении объектов лабораторных исследований и сопроводить его соображениями практического и морально-этического характера применительно к человеку.

Современная биология и медицина открыли широкие возможности в тех сферах практической деятельности человека, в которых он имеет дело с живыми организмами, и достигнутые здесь большие успехи неоспоримы. Они же ставят на повестку дня и другую важную задачу — заботу об охране здоровья и благополучия самого человека применительно к наследственным болезням.

Предупреждение и лечение наследственных болезней и пороков различной тяжести — задача, гораздо более трудная по сравнению с предупреждением и лечением инфекционных болезней, о чем было сказано выше. Однако современная генетика достигла такого уровня развития, когда возможность предупреждения «ошибок» природы, о которых, в частности, идет речь в главе II, в недалеком будущем должна войти в систему мероприятий органов здравоохранения в борьбе за здоровье будущих поколений.

В системе этих мероприятий, кроме врачей, важную роль призваны сыграть медико-генетические консультации, а также само население, активное участие и помощь которого будут тем более действенными, чем шире и полнее оно будет осведомлено о своей собственной биологической природе. Последнее может быть достигнуто путем широкой популяризации начатков генетических знаний среди самых широких слоев населения, и в самом недалеком будущем она должна занять важное место в системе биологического просвещения населения. Именно эти соображения и определили наш выбор заголовка книги и стиль изложения приведенных в ней сведений.

Глава
БИОЛО
У ЖИВО

Наш
пола буд
Кажд
жить по
ся цып
же — кур

И зд
прямое о
сосредото
и очевид
с самого
петушка,
яйца, т. е
цы до опл
жено под
кое-то соб
будущего
риног яй
у женщин
Поняти
ставленны
нельзя, есл
скопа не и
дали бы и
нарушая ц
и распозна
рассортиро
инкубатор
хозяйствен
только пету

БИОЛОГИЯ И МЕХАНИЗМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛА У ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

Нашим первым проводником в проблему определения пола будет обыкновенная домашняя курица.

Каждый знает из повседневной жизни, что если положить под наседку два-три десятка яиц, то из вылупившихся цыплят около половины будет петушков и столько же — курочек.

И здесь сразу же возникает ряд вопросов, имеющих прямое отношение к интересующей нас теме. Пока что мы сосредоточим внимание на одном из них, наиболее простом и очевидном: предуготовано ли, например, данному яйцу с самого начала его возникновения развиваться, скажем, в петушка, а не в курочку? Или же за время существования яйца, т. е. от момента его возникновения в яичнике курицы до оплодотворения и начала развития, когда оно положено под наседку или в инкубатор, в нем имело место какое-то событие или события, которые и определили пол будущего цыпленка? Ведь продолжительность жизни куриного яйца в указанных границах исчисляется годами, а у женщин, например, — десятилетиями.

Понятно, что путем одних умозаключений решить поставленный вопрос в пользу той или другой возможности нельзя, если только не убить яйцо и при помощи микроскопа не исследовать те особенности его строения, которые дали бы исчерпывающий ответ. Иначе говоря, если бы, не нарушая целостности яиц, можно было заглянуть внутрь и распознать их тончайшие отличия, то можно было бы рассортировать яйца еще до закладки под наседку или в инкубатор и в зависимости от того, что более выгодно с хозяйственной точки зрения, выводить только курочек или только петушков.

И действительно, мысль о неравноценности снесенных яиц в отношении пола будущих зародышей уже давно привлекала внимание исследователей и явилась одной из путеводных нитей в исследовании вопроса, о котором идет речь.

Некоторым, хотя и косвенным, доказательством неравноценности снесенных яиц являются многочисленные факты. Следующий простейший опыт, касающийся наследования окраски оперения у кур, наглядно пояснит это.

Среди многочисленных пород кур существует одна с весьма характерным рябым оперением — чередующимися темными и белыми поперечными полосами по всему телу. Куры этой породы называются плимутроками.

Другая общераспространенная порода кур характеризуется сплошной черной окраской оперения. Это так называемые черные леггорны. В дальнейшем ради краткости мы будем называть их просто леггорны.

Допустим, что под двух наседок одновременно заложено по три десятка яиц. Под одну наседку заложены яйца, полученные от курицы леггорн и петуха плимутрока, под другую — яйца от курицы плимутрок и петуха леггорна.

Казалось бы, есть все основания ожидать, что цыплята, которые вылупятся из обеих партий яиц, будут одинаковы, поскольку их родители принадлежат к одним и тем же породам — плимутрокам и леггорнам.

В действительности же, как это показано на рис. 1, в окраске оперения цыплят обоих выводков будут наблюдаться существенные и очень интересные отличия. В первом случае, т. е. когда яйца были получены от петуха плимутрока и курицы леггорн, все цыплята, как петушки, так и курочки, унаследуют наряд отца, черная же окраска ма-

Рис. 1. Порядок наследования окраски оперения в потомстве кур плимутроков и черных леггорнов.

Отец



amb

Мать



Сыновья



Дочери

A detailed black and white illustration of a rooster, facing right. It has a large, textured comb and wattle, and its feathers are intricately detailed with cross-hatching. The rooster is standing on a small, irregular patch of ground. The background is plain white.

Отец

10mb

Мать



Сыновья



Дочери

тери не проявится ни у одного цыпленка. Во втором случае, когда яйца были получены от петуха леггорна и курицы плимутрок, в потомстве появятся цыплята как плимутроки, так и леггорны, причем пестрый наряд матери унаследуют только петушки, а черный наряд отца — только курочки.

Для опыта, о котором идет речь, вместо черных леггорнов можно взять кур какой-либо другой породы со сплошной равномерной окраской оперения, например золотисто-красных родайлендов; при соблюдении указанных условий опыта порядок наследования окраски плимутроков и родайлендов останется тем же.

Забегая далеко вперед, отметим также, что к этому второму скрещиванию прибегают в промышленном птицеводстве, когда возникает необходимость как можно раньше отсортировать петушков от курочек; пользуясь этой особенностью наследования рябой окраски плимутроков, петушков и курочек можно легко и безошибочно рассортировать сразу после вылупления из яиц.

Из этого простейшего опыта, который при желании может выполнить любой школьник и любая домохозяйка, если в их распоряжении есть куры указанных пород, следует, во-первых, что в наследовании рисунка оперения играют роль оба родителя — отец и мать, и, во-вторых, что яйца обеих рассмотренных групп неравноценны по своим наследственным потенциям.

Необходимо, однако, тут же оговориться, что пол и окраска оперения цыплят — признаки неравнозначные и между ними нельзя ставить знак равенства. Следовательно, и вывод о наследственной неравноценности яиц в отношении рисунка и расцветки оперения, как возможное доказательство их неравноценности в отношении признаков пола, будет, конечно, лишь косвенным.

Предшествующий ход рассуждения и выводы о неравнонаследственных потенциях яиц в отношении пола и окраски были бы неполными, если бы мы не упомянули

еще об одной возможности. Она заключается в допущении, что никакого раннего или позднего предопределения яйца в отношении пола будущего зародыша не существует, т. е. что все яйца с рассматриваемой точки зрения одинаковы: любое из них может развиваться как в петушка, так и в курочку,— и что решающую роль в определении пола будущего зародыша играют такие условия развития, как, например, положение яйца под наседкой, незначительная разность температуры в период насиживания и т. д. К счастью, проверка этой возможности оказалась несравненно более простой. Упомянутые и другие внешние условия развития яиц не играют никакой роли в определении пола зародыша, а те немногие исключения, известные сегодня, скорее лишь подтверждают ту всеобъемлющую теорию определения пола, о которой ниже пойдет речь.

* * *

Итак, все пути исследования проблемы определения пола ведут в клетку. Процессы, составляющие основу жизни, в том числе и определения пола зародыша, протекают в клетках. Поэтому, сколько бы мы ни рассматривали их с поверхности, мы не продвинулись бы ни на шаг в выяснении интересующей нас загадки. Поступая таким образом, мы уподобились бы тем уличным зевакам, которые заглядывают в окна почтамта современного большого города и видят там лишь бесконечный поток писем, но лишены возможности получить представление о их содержании. Поэтому, чтобы не уподобиться таким зевакам, нам не остается ничего другого, как пойти по пути знакомства с тончайшим строением половых клеток и в них искать те интересующие нас различия, существование которых вытекает уже из того немногого, что было сказано выше.

Однако все познается в сравнении. Половые клетки, яйца и сперматозоиды, точно так же должны быть изучены путем их сопоставления с клетками, из которых состоит и сам организм. И те, и другие теснейшим образом связа-

ны друг с другом общностью происхождения, и, не изучив и не поняв роли одних, мы не могли бы понять и до конца разгадать роль других.

Таким образом, перед нами встает задача — в самых общих чертах рассмотреть строение клетки, происхождение и судьбу клеток развивающегося организма и, наконец, отличительные особенности половых клеток, в результате слияния которых в процессе оплодотворения развиваются мужские и женские зародыши животных и человека.

СХОДСТВО СТРОЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ

Разнообразие населяющих землю живых существ неизменно поражает всякого, кто задумывался над этим хотя бы на минуту или наблюдал их в природе. Бесчисленные одноклеточные существа, причудливые морские и наземные животные, гигантские морские млекопитающие, знаменитые деревья-великаны — секвойи (рис. 2), возраст которых достигает 3—4 тысяч лет, — все они на первый взгляд кажутся лишенными какого бы то ни было сходства.

И все же в действительности это далеко не так. Всякий раз, когда от поразительного внешнего разнообразия жизни мы обращаемся к тому, что составляет ее сущность, мы неизменно убеждаемся в сходстве ее проявления у самых непохожих друг на друга организмов.

В самом деле, все они зарождаются, питаются и растут, оставляют после себя потомство и рано или поздно умирают. Несмотря на все богатство их внешних форм, все основные жизненные процессы протекают у них удивительно сходно.

Размножение, в частности половое, свойственное высокоорганизованным животным и растениям, относится к числу основных жизненных явлений. И у животных, и у растений формы приспособлений для размножения чрезвычайно разнообразны, и этот один вопрос мог бы послужить темой для увлекательных бесед. Тем не менее конечное значение всех этих приспособлений — анатомических,

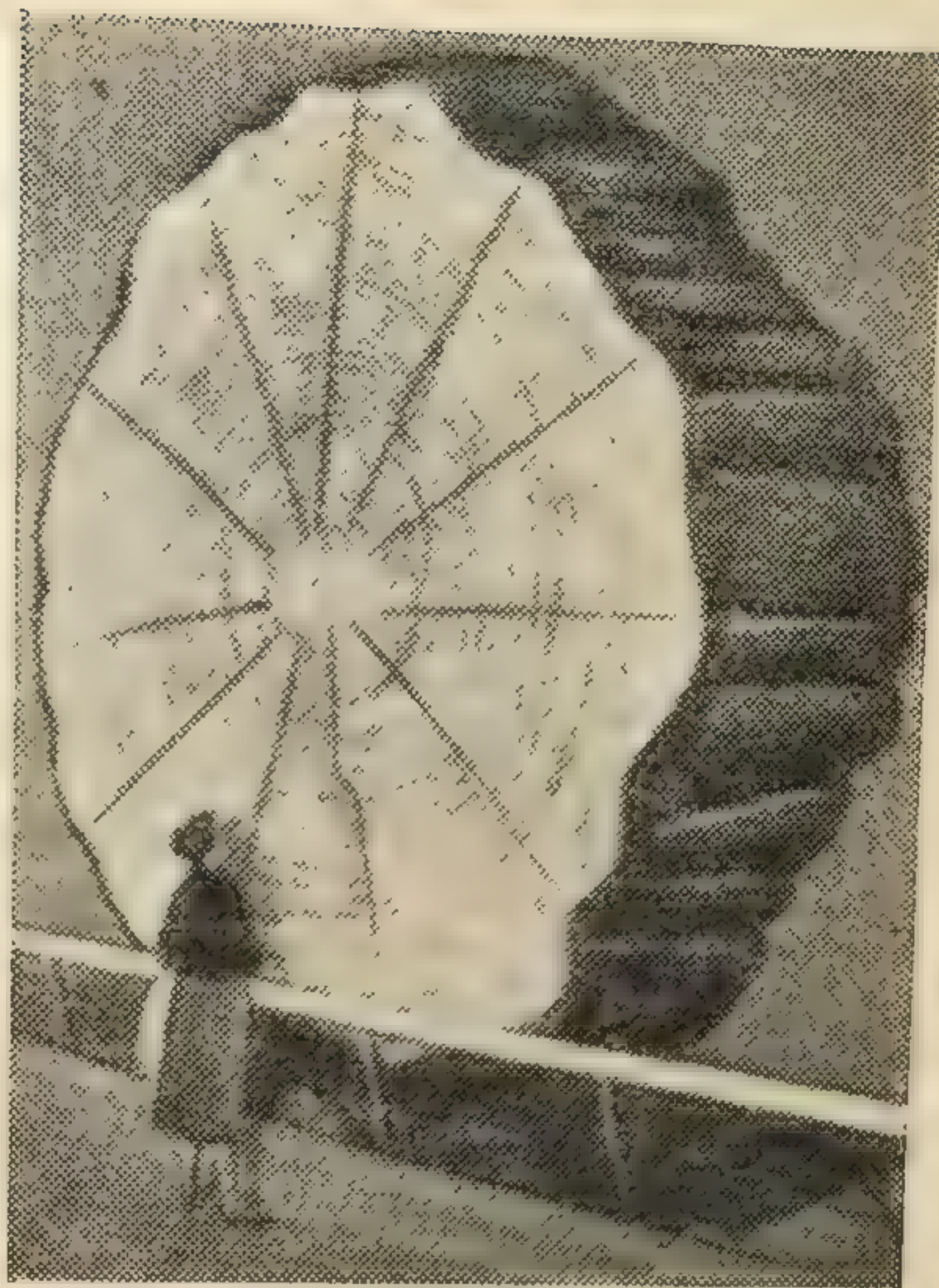


Рис. 2. Деревья-долгожители — секвойи; их возраст достигает 3—4 тысяч лет, а высота — более 100 метров.

Слева — через своеобразный тоннель в основании одного такого великана проходит шоссейная дорога. Справа — поперечный спил ствола сравнительно молодой секвойи: число годовых колец на нем равно 1342.

физиологических, гормональных и других — исключительно простое: оно заключается в том, чтобы в акте оплодотворения обеспечить встречу яйца и сперматозоида, обеспечить появление потомства и, следовательно, существование вида.

Для нормальной жизнедеятельности любого организма необходим постоянный приток в него питательных материалов как источника энергии. Пути поступления энергетических материалов в организмы весьма разнообразны.

Низкоорганизованные, одноклеточные организмы устроены так, что питательные вещества поступают в них непосредственно из окружающей среды.

По мере усложнения организации живых существ усложняются и пути доставки в них питательных материалов.

Наибольшей специализации они достигли у млекопитающих животных, у которых эту функцию выполняет сложно устроенная пищеварительная система. Некоторое представление о ее сложности дает сопоставление следующих цифр: у человека, например, поверхность кожи равна примерно полутора квадратным метрам; всасывающая же поверхность желудочно-кишечного тракта, будучи расправлена на плоскости, заняла бы 200—300 кв. м.

Однако и здесь мы встречаемся с тем же общим принципом: как бы ни были сложны рассматриваемые системы в анатомическом и физиологическом отношении, конечная цель их одинакова — поступающие через них питательные вещества переработать, перестроить таким образом, чтобы уподобить их молекулам своего организма.

То же самое можно сказать и о других основных биологических процессах и на них проследить непреложность принципа единства их многообразия на всех ступенях животного царства.

КЛЕТКИ — МЕЛЬЧАЙШИЕ ЕДИНИЦЫ ЖИЗНИ

Выше мы говорили о внешних особенностях организмов и не касались их тонкого внутреннего строения. Между тем, изучая организмы и с этой стороны, мы находим убедительные доказательства сходства в строении тех мельчайших жизненных единиц, из которых слагаются органы и ткани. Такими элементарными жизненными единицами являются клетки.

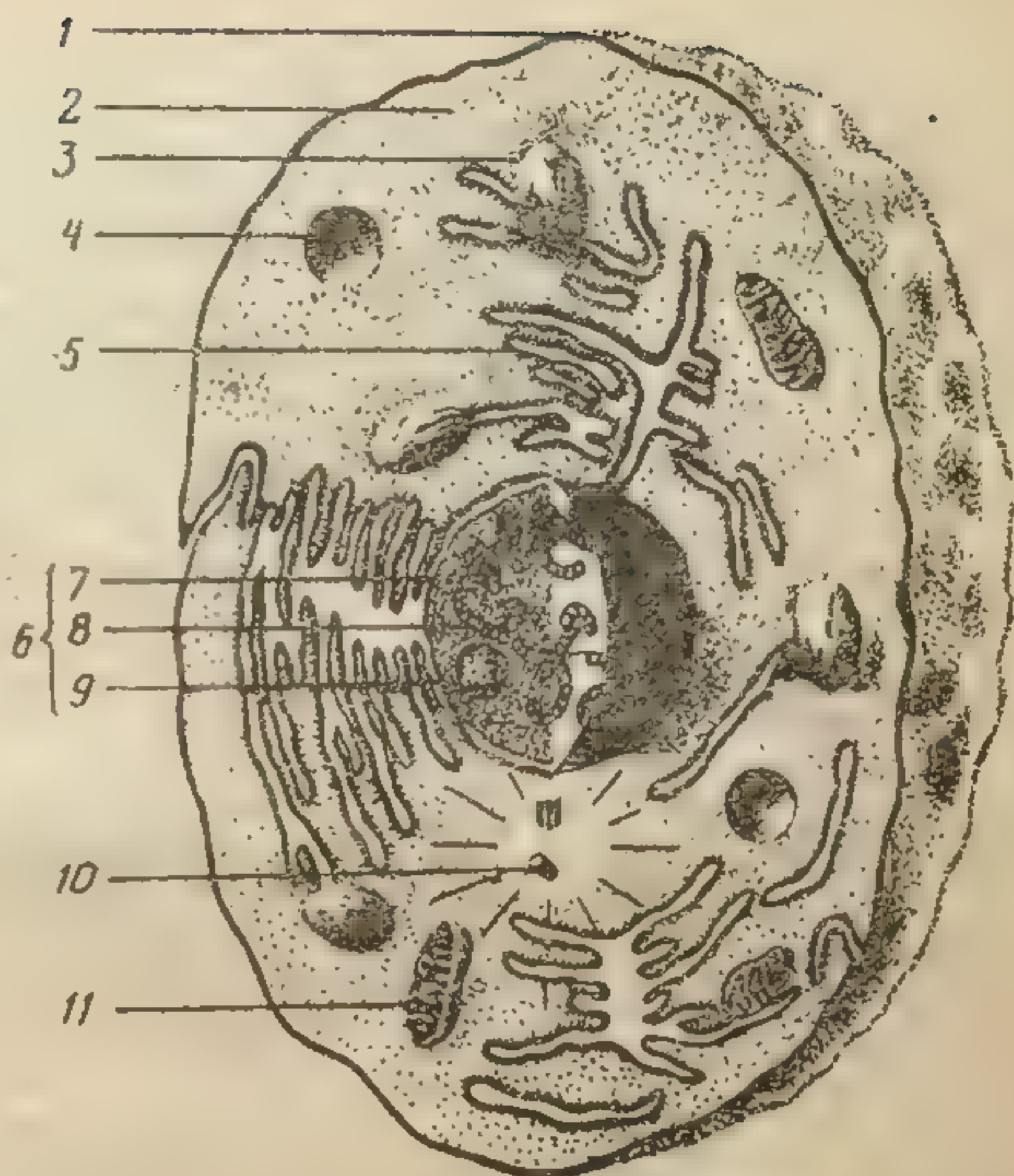
Все клетки, независимо от того, входят ли они в состав тела высокоорганизованного многоклеточного организма или представляют собой простейшие одноклеточные существа, имеют сходное и весьма сложное строение.

Главнейшими составными частями клетки являются цитоплазма и ядро (рис. 3).

26 Цитоплазма составляет большую часть клетки. С ней связаны главным образом функции питания и синтеза не-

Рис. 3. Схематическое изображение строения клетки животного, обобщенное в свете современных научных данных.

1 — клеточная оболочка; 2 — цитоплазма; 3 — пластиды (в растительных клетках); 4 — вакуоли; 5 — эндоплазматическая сеть; 6 — ядро; 7 — ядерная оболочка; 8 — хромосомы; 9 — ядрышко; 10 — центриоли; 11 — митохондрии.



обходимых для жизнедеятельности клетки веществ, а также выведение из клетки продуктов обмена. Каждая клетка с поверхности заключена в полупроницаемую оболочку, через которую поступают питательные вещества и выводятся продукты обмена.

Главными элементами клеточного ядра являются мельчайшие палочковидные или нитевидные образования, которые за их способность интенсивно окрашиваться определенными красками получили название хромосом (по-русски — красящихся тел или телец). Название «хромосомы» было введено в употребление очень давно, когда их важная роль в явлениях наследственности и в том числе в процессах определения пола еще не была выяснена. В дальнейшем мы познакомимся с ними более подробно.

Число хромосом у разных организмов варьирует в очень широких пределах и никак не связано с их положением в естественной системе, т. е. с уровнем биологического развития. Так, например, клетки человека, растения

бирючины и одной тропической рыбки содержат по 46 хромосом, клетки мыши — 40 хромосом и т. д. Однако у всех представителей данного вида (например, у людей или у мышей) число хромосом постоянно. И если по какой-либо причине оно увеличивается или уменьшается хотя бы на одну, а тем более на несколько, это ведет к важным последствиям, о чем подробно будет сказано в главе II.

ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ

Новые клетки всегда возникают из старых, т. е. существующих, клеток путем деления. Этот важный процесс носит название клеточного деления. Он включает в себе два события. Одно из них состоит в удвоении числа хромосом, другое — в делении цитоплазмы на две равные части, в каждую из которых отходит по одной хромосоме каждой пары. Рассмотрим в общих чертах, как протекают эти процессы.

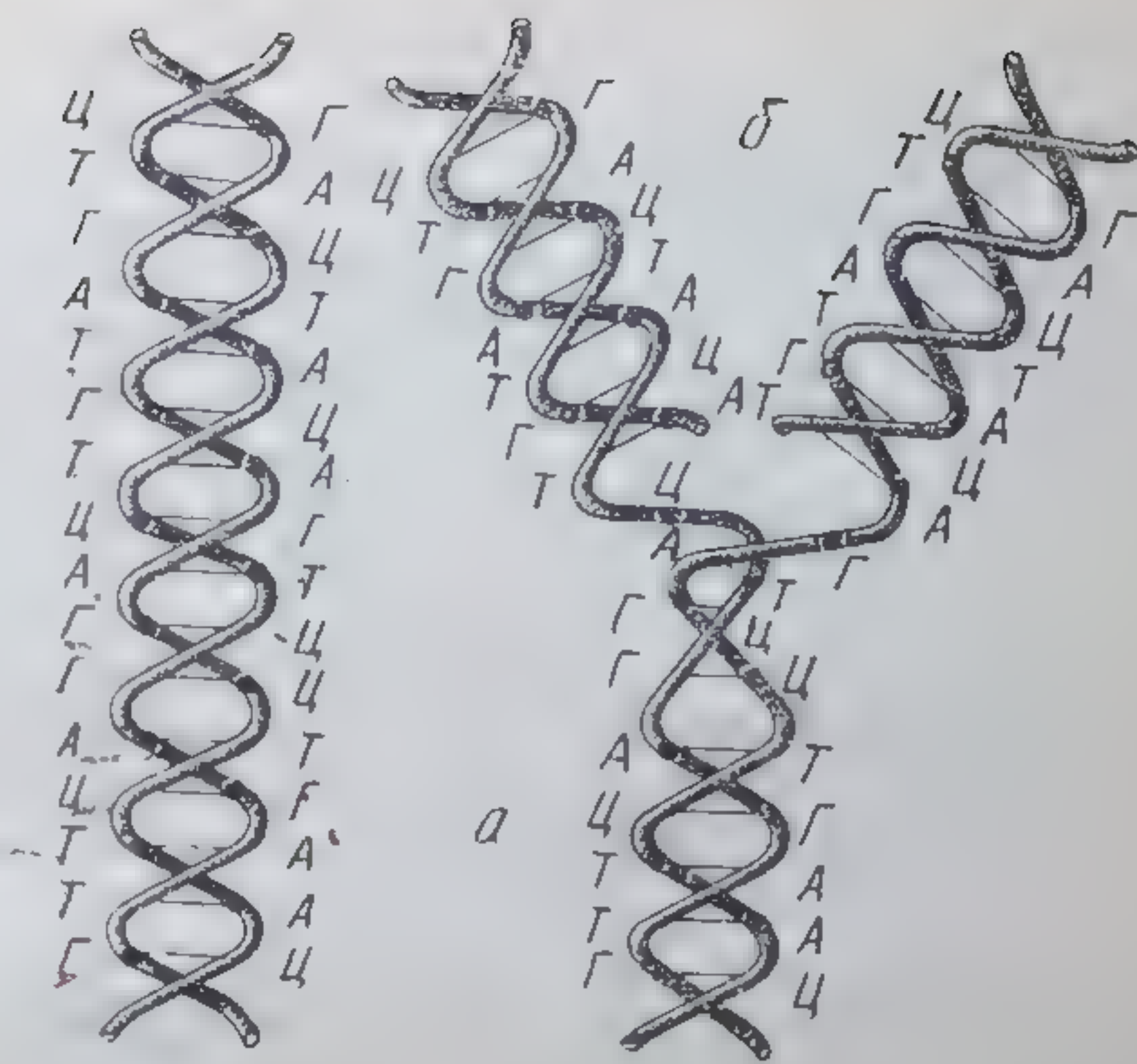
В течение большей части жизни клетки ее хромосомы невидимы под микроскопом. И лишь когда клетка вступает в фазу деления, хромосомы становятся компактными образованиями, хорошо окрашиваются ядерными красками и отчетливо видны под микроскопом. К этому времени в жизненном цикле каждой хромосомы уже завершился очень важный процесс, результатом которого является ее удвоение.

В биохимическом отношении каждая хромосома представляет собой гигантскую молекулу дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), которую за особенности ее строения и конфигурации удачно сравнивают с веревочной лестницей, закрученной в спираль (рис. 4).

Сущность процесса удвоения хромосомы сводится к осуществлению двух следующих одно за другим событий. В результате одного из них молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты раскручивается и продольно расщепляется на две половинки. Образующиеся половинки молекулы

Рис. 4. Схематическое изображение ничтожно малого отрезка хромосомы, представляющей собой двухнитчатую, спирально закрученную молекулу дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

Слева — хромосома в промежутках между клеточными делениями. Справа — хромосома в процессе удвоения, предшествующего делению клетки. В нижней части фрагмента (а) молекула ДНК еще не расщепилась. В верхней его части (б) молекула ДНК продольно расщепилась на две нити, и обе они присоединили недостающие со-



ставные части из окружающей цитоплазмы. Буквами А, Т, Ц, Г обозначены химические соединения, которые входят в состав генов, определяющих развитие наследственных особенностей организмов. Обратите внимание на то, что в удвоенных фрагментах (б) молекулы ДНК сохранился исходный порядок соединений А, Т, Ц, Г.

обладают удивительным свойством — восстанавливать свое строение до исходного, т. е. присоединять к себе недостающие элементы из окружающей цитоплазмы.

Расщепление молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты и последующее ее восстановление протекают волнообразно, по всей ее длине, и к тому времени, когда хромосомы становятся видны под микроскопом, оба эти процесса уже закончены. Теперь каждая хромосома клетки, первоначально содержащая одну молекулу дезоксирибонуклеиновой кислоты, представлена двумя молекулами, или двумя дочерними хромосомами, которые в биохимическом отношении идентичны, т. е. в точности соответствуют друг другу и исходной материнской хромосоме.

На следующей стадии, связанной с делением цитоплазмы клетки, одна из двух молекул, или хромосом, отходит в одну дочернюю клетку, другая — в другую.

Процесс деления цитоплазмы клетки внешне начинается с образования бороздки на ее поверхности. Постепенно она все более и более углубляется в цитоплазму и наподоб-

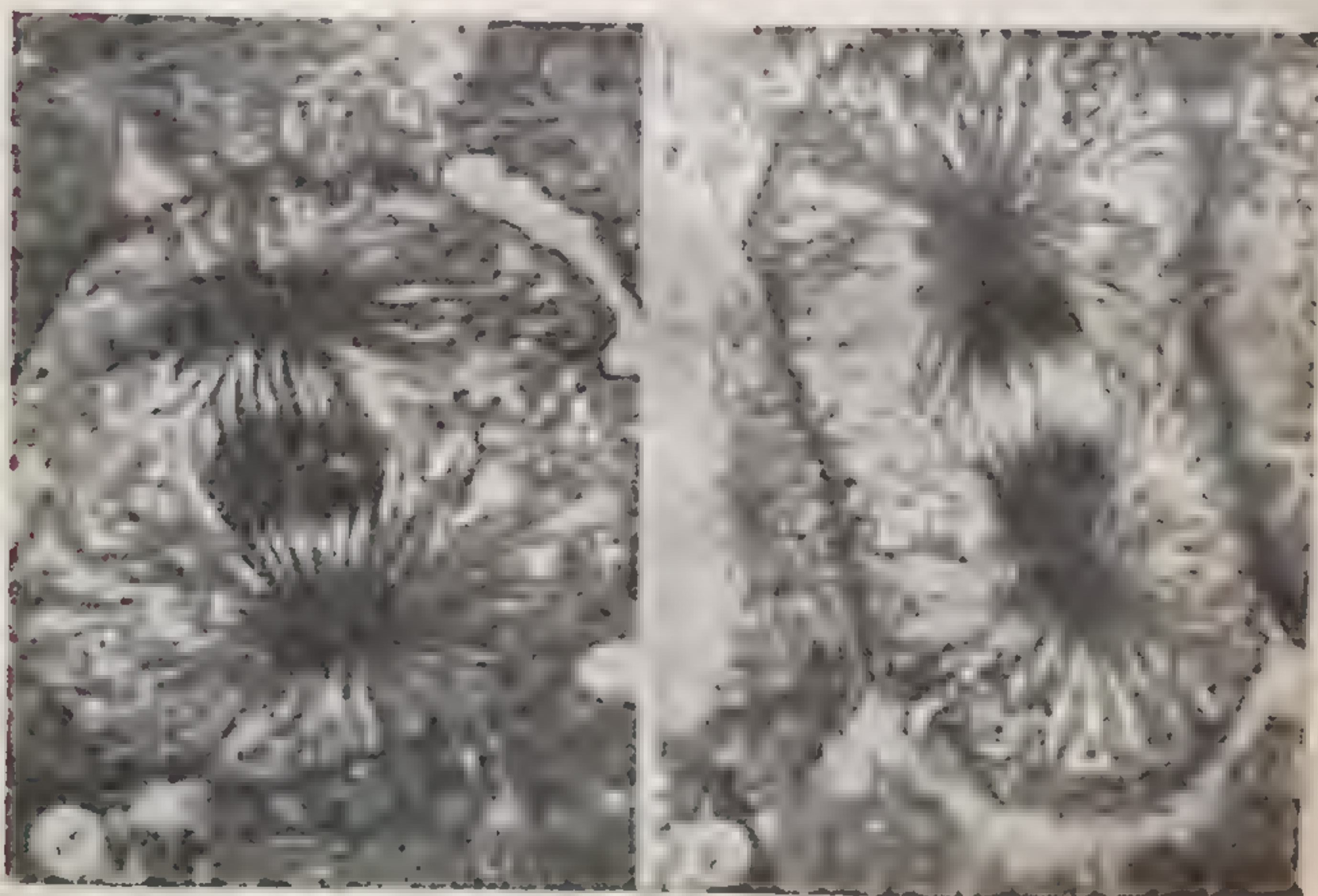
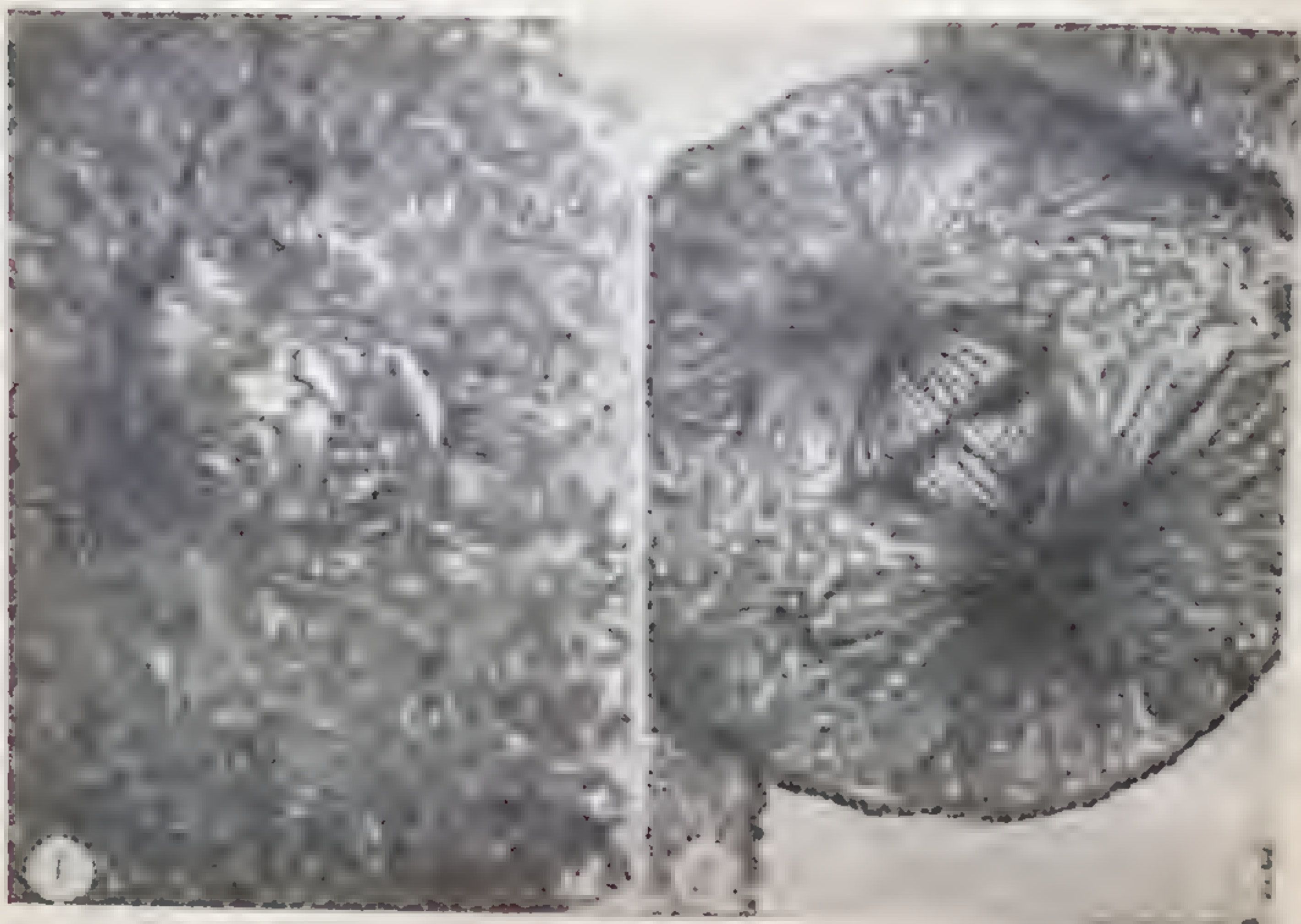


Рис.
хро
в с

бне
ные
кле
ко
ме
удво
бой
путе
ется
чатко
ности
игра
дроб
М
касто
сна

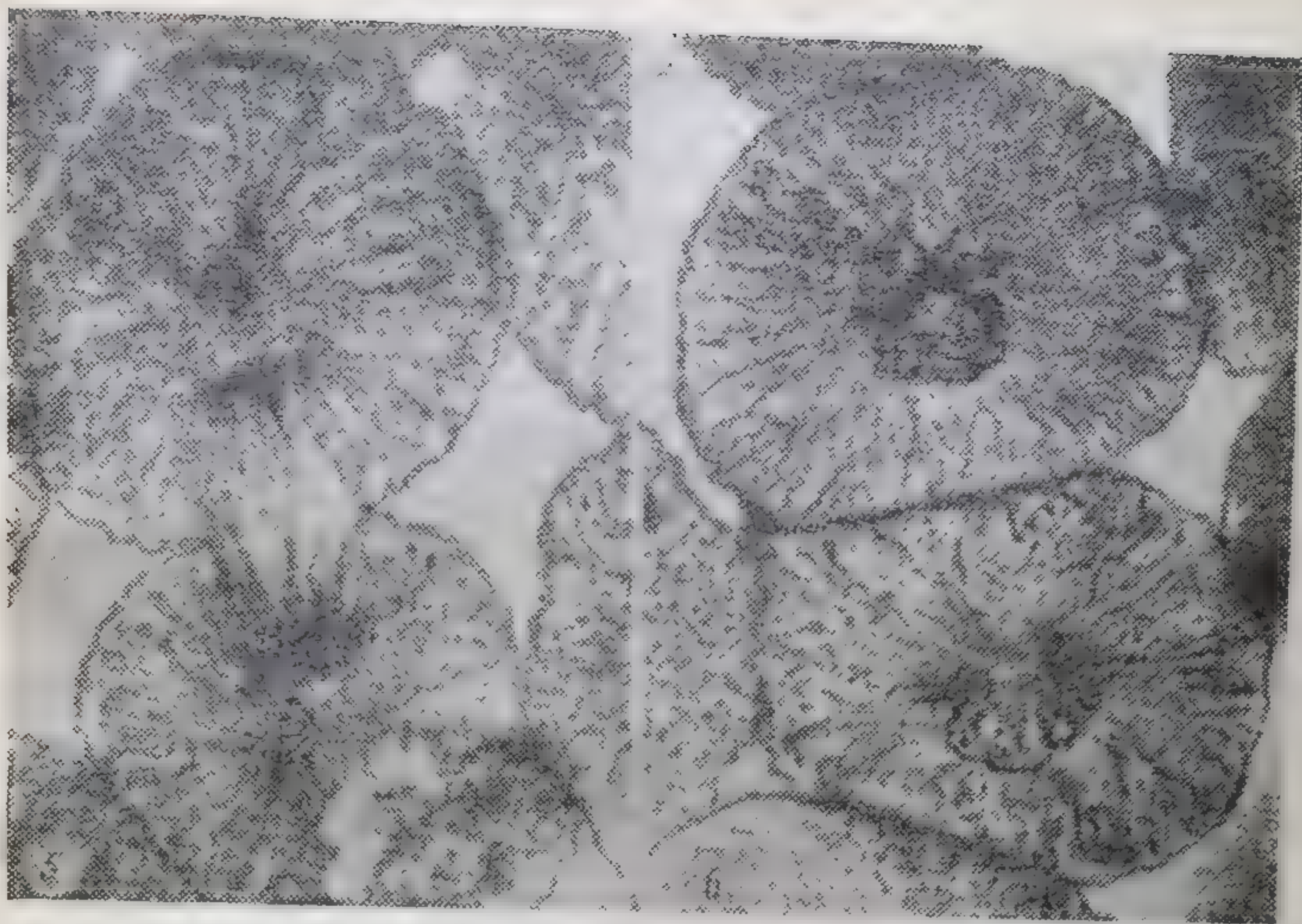


Рис. 5. Картины нескольких последовательных стадий расхождения хромосом в дочерние клетки и деления цитоплазмы, как они видимы в световом микроскопе.

бие невидимой нити перешнуровывает клетку на две равные части (рис. 5). В результате из одной материнской клетки образуются две дочерние. Обе они содержат столько же хромосом, сколько их было в исходной клетке. Кроме того, благодаря исключительно точному способу их удвоения хромосомы дочерних клеток представляют собой точные копии хромосом материнской клетки. Таким путем в последовательных поколениях клеток поддерживается постоянство числа хромосом и заключенных в них зачатков наследственных особенностей, которые в совокупности характеризуют данный организм. Хромосомы же играют роль и в процессе определения пола, с чем мы подробно познакомимся ниже.

Масса цитоплазмы вновь образовавшихся дочерних клеток меньше таковой материнской клетки; в дальнейшем она восстанавливается до нормальных пределов путем ро-

ста. В соответствующее время клетки снова вступают в фазу деления и т. д.

Являются ли размеры клетки единственным «сигналом» ее готовности к делению или для этого необходимы какие-то другие, дополнительные стимулы?

Был поставлен следующий опыт с одноклеточным организмом — амебой. Незадолго до того, как амеба достигала тех размеров, когда должно было наступить ее деление, от нее отрезали часть цитоплазмы. Амеба вырастала до первоначальных размеров, не обнаруживая признаков деления. Теперь от нее снова отрезали часть цитоплазмы, и амеба снова восстанавливала свои размеры до исходных. Такой операции амёбу подвергали ежедневно, в течение 4 месяцев, и за все это время у нее не обнаружили никаких признаков деления. Контрольная амёба, с которой никаких операций не производили, успела за это время разделиться 65 раз. Результаты этого опыта показывают, что между размерами клетки и наступлением процесса деления существует определенная зависимость.

Другой опыт в том же направлении был поставлен в несколько иной модификации. Путем тщательных измерений многих амёб можно точно определить их размеры непосредственно перед делением. Каких результатов можно ожидать, если часть цитоплазмы амёбы удалить именно в этот момент ее жизненного цикла? Опыты показали, что удаление части цитоплазмы амёбы теперь уже не в состоянии остановить начавшийся процесс деления, несмотря на то что масса ее цитоплазмы была в тот момент меньше нормальной. Очевидно, дан какой-то сигнал к делению клетки, и, коль скоро он дан, деление уже нельзя затормозить этой операцией.

Итак, есть все основания полагать, что размеры клетки играют важную роль в ее жизнедеятельности. По достижении клеткой некоторой определенной величины в ней создаются условия, которые являются стимулом для ее деления.

К тому же
са под несколько
виям привело
ки по сравнению
лись в процес
организмов и ко
ства недифферен
Допустим, что
увеличилась на
Площадь по
 $4\pi R^2$.

Отношение п
ности меньшего

Объем шара

Подставив в
го шаров, получи

Отсюда можн
ся вдвое, площа
объем — в 8 раз
щади поверхност
единицы его объ
ема к площади
больше, чем бол

Что может о
соответствие ме
уже было отмече
димые для жизн
полупроницаемую
ме главным обра
условиях скорост
2 Н. Н. Медведев

К тому же выводу приводит рассмотрение этого вопроса под несколько иным углом зрения: к каким последствиям привело бы значительное увеличение размеров клетки по сравнению с теми оптимальными, которые выработались в процессе длительного эволюционного развития организмов и которые в среднем характерны для большинства недифференцированных клеток?

Допустим, что шарообразная клетка с радиусом 1 см увеличилась настолько, что ее радиус стал 2 см.

Площадь поверхности шара выражается формулой $4\pi R^2$.

Отношение площади большего шара к площади поверхности меньшего будет при этом условии равно

$$4\pi (2)^2 : 4\pi (1)^2, \text{ или } 4:1.$$

Объем шара выражается формулой $\frac{4}{3}\pi R^3$.

Подставив в нее значение радиусов большего и меньшего шаров, получим отношение

$$\frac{4}{3}\pi (2)^3 : \frac{4}{3}\pi (1)^3, \text{ или } 8:1.$$

Отсюда можно видеть, что, если радиус шара увеличится вдвое, площадь его поверхности увеличится в 4 раза, а объем — в 8 раз. Это значит, что на каждую единицу площади поверхности шара теперь будут приходиться две единицы его объема (рис. 6). Эта разница отношения объема к площади поверхности шара будет возрастать тем больше, чем больше будет увеличиваться его радиус.

Что может означать для клетки это возрастающее несоответствие между ее поверхностью и объемом? Выше уже было отмечено, что все питательные вещества, необходимые для жизнедеятельности, поступают в клетку через полупроницаемую оболочку и распределяются в цитоплазме главным образом путем диффузии. При прочих равных условиях скорость диффузии питательных веществ в жи-

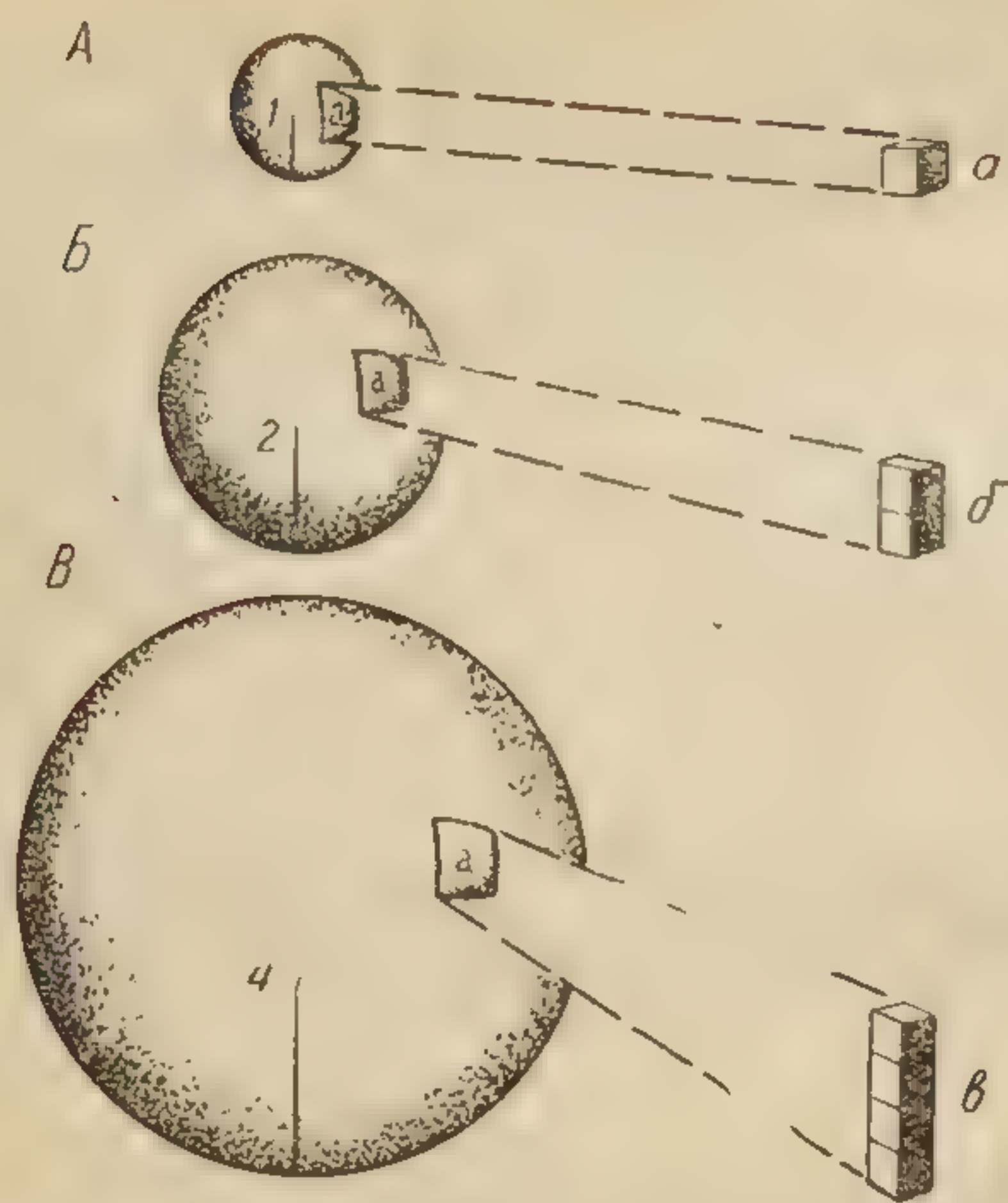


Рис. 6. Зависимость между поверхностью и объемом шара.

С увеличением радиуса шара (А) вдвое (Б) или вчетверо (В) на единицу поверхности (а) будут приходится соответственно вдвое (б) или вчетверо (в) большие объемы.

вую субстанцию клетки будет зависеть от ее размеров. Диффузия — процесс медленный, и по мере увеличения массы цитоплазмы, т. е. размеров клетки, он будет протекать все более и более замедленно, а следовательно, и менее эффективно.

По мере роста развивающегося организма через клеточные оболочки должны поступать все большие количества питательных веществ. В то же время площадь клеточных оболочек по отношению к их объему будет все более уменьшаться, и в процессе диффузии разнообразные молекулы должны преодо-

левать все большие и большие расстояния.

Сказанное в той же мере справедливо и в отношении выделения из клетки продуктов ее жизнедеятельности.

Таким образом, рост клетки за некоторые оптимальные размеры приходит в конфликт с ее нормальной жизнедеятельностью. Выходом из этого положения является деление клетки на две и повторение предыдущего цикла на новой основе.

К сказанному о делении клеток необходимо добавить следующее. Результаты опытов и наблюдений над критическими размерами клеток и «сигналами» к их делению представляют собой лишь поверхность рассматриваемого явления. Истинные же причины деления клеток, в основе которых, несомненно, лежат сложные биохимические про-

цессы, еще не изучены. Поэтому мы не в состоянии по желанию управлять клеточными делениями и в том числе развитием, например, злокачественных опухолей.

Рассмотренный тип клеточного деления, который называется митозом, имеет место в процессе роста и развития зародыша. Таким же путем некоторые клетки размножаются и во взрослом организме, в порядке замены отживших новыми. Этот тип клеточного деления иначе называют эквационным, т. е. уравнительным (от слова equation — выравнивание), поскольку возникающие при этом делении клетки во всех последующих поколениях одинаковы — они содержат одинаковое, постоянное число хромосом.

В дальнейшем мы познакомимся с другим типом деления клеток, который имеет место в процессе созревания половых клеток и носит название мейоза.

* * *

Подведем краткий итог сказанному о строении и делении клеток. По мере роста клетки ее объем увеличивается быстрее площади ее поверхности. Вследствие этого процесс диффузии как способ доставки в клетку питательных материалов и распределения их в цитоплазме, а также выведение из нее продуктов обмена становятся все более замедленными и потому менее эффективными. В результате в клетке создаются такие условия, при которых ее деление на две дочерние является необходимым для восстановления процессов жизнедеятельности на постоянном, наиболее экономном энергетическом уровне.

Важнейшее звено в процессе деления клетки — удвоение числа хромосом, предшествующее их расхождению в дочерние клетки. Удвоение числа хромосом, как основное свойство живого, осуществляется на молекулярном уровне с большой точностью. Благодаря ему достигается наследственная преемственность (постоянство) строения и свойств клеток и преемственность организмов в последующих поколениях в пределах вида,

ПОЛОВЫЕ КЛЕТКИ И ЗАРОДЫШИ

Возвращаясь к основной теме настоящего раздела, сравним теперь половые клетки разных организмов и их зародыши на ранних стадиях развития.

Половыми клетками называются особые, специализированные клетки — яйца, или яйцеклетки, у самок и сперматозоиды у самцов. Из слияния яиц и сперматозоидов в процессе оплодотворения развиваются все размножающиеся половым путем организмы. Яйца и сперматозоиды вырабатываются в половых железах; у самок они носят название яичников, у самцов — семенников.

Сперматозоиды очень малы, у большинства животных подвижны и весьма разнообразны по форме (рис. 7).

Яйца представляют собой довольно крупные клетки, в особенности у птиц; они не обладают способностью к самостоятельным передвижениям и в отличие от сперматозоидов по виду очень сходны у самых разных животных.

Сходство между организмами касается не только половых клеток, как начальной формы их существования. Оно в течение длительного времени сохраняется и дальше, в процессе роста и развития зародыша, которые осуществляются путем клеточных делений. На рис. 8 справа изображены акула, легочная рыба, саламандра, ящерица, курица, обезьяна и человек, а слева — их зародыши на разных стадиях развития.

Закройте, читатель, правую часть рисунка и предложите вашим знакомым ответить на вопрос: каким организмам принадлежат изображенные на нем зародыши? Оказывается, ответить не так просто. Один из основоположников учения о развитии зародышей — Карл Бэр рассказал в своих воспоминаниях, как однажды, положив в сосуды со спиртом разные зародыши, он забыл прикрепить к ним этикетки. Прошло 2—3 недели, и он уже не мог по внешнему виду установить, в котором сосуде находятся зародыши кролика и в котором — зародыши человека.

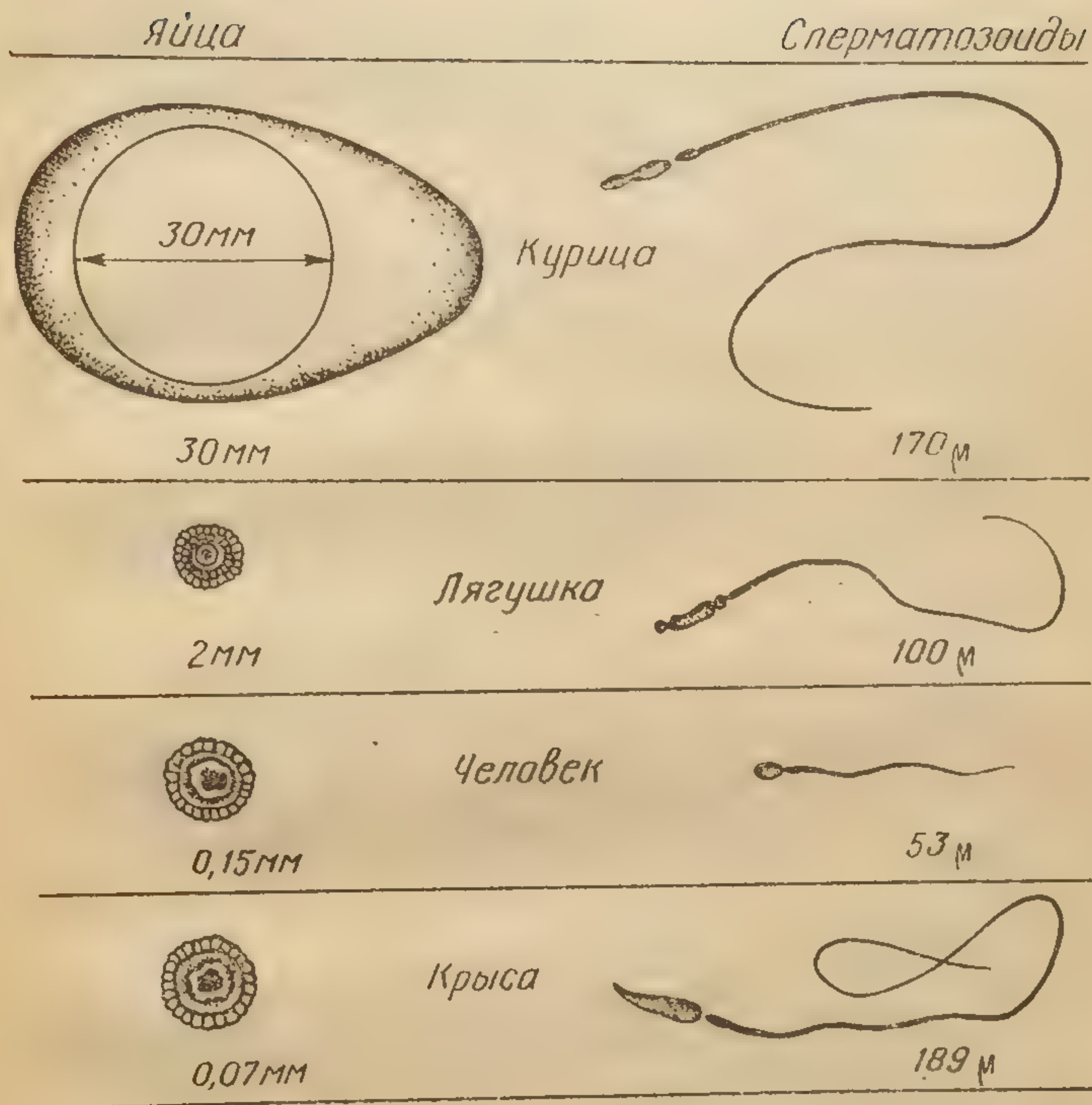


Рис. 7. Форма и размеры яиц и сперматозоидов курицы, лягушки, крысы и человека.

Яйца курицы и лягушки изображены в натуральную величину; яйца человека — с увеличением в 40 раз; яйца крысы — в 80 раз. Все сперматозоиды изображены с увеличением в 700 раз. Истинные размеры тех и других указаны под их изображениями.

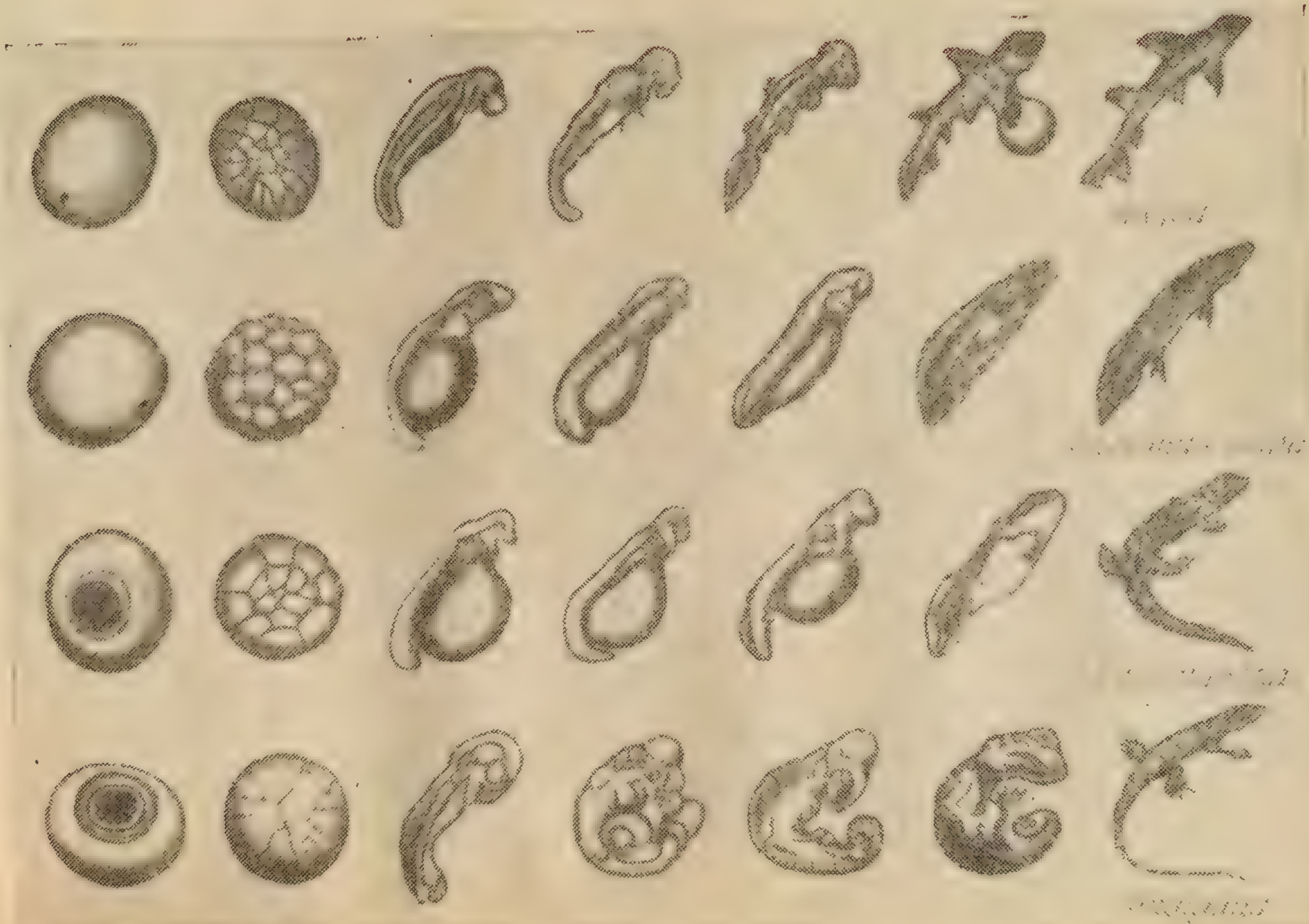




Рис. 8. Внешнее сходство яиц и зародышей позвоночных животных и человека ранних стадий развития.

РАЗВИТИЕ ЖИВОТНЫХ ОРГАНИЗМОВ

Как уже было отмечено, развитие и рост зародыша осуществляются путем увеличения числа клеток в результате клеточных делений. Число клеток, составляющих тело крупного животного, очень велико. Так, например, в теле взрослого человека содержится около 500.000 000 000 000 клеток. Все они произошли путем деления единственной исходной клетки — оплодотворенного яйца — и на ранних стадиях развития зародыша очень похожи друг на друга (рис. 9).

Несмотря на столь большое количество клеток, составляющих тело взрослого человека, число необходимых для этого последовательных клеточных делений относительно невелико, если принять во внимание, что в результате каждого следующего деления общее число клеток зародыша увеличивается вдвое (в геометрической прогрессии) по сравнению с предыдущим. Поясним сказанное примером из области шахмат, на первый взгляд кажущимся неправдоподобным.

Согласно легенде, индийский властелин Схерам, живший тысячи полторы лет назад, не отличался умением в управлении страной и в короткое время довел ее до разорения.

Тогда брамин и мудрец Сесса, дабы не рассердить сурового властелина прямой критикой его деятельности, сложил шахматную игру, в которой король — самая важная фигура — не может ничего достичь без помощи других фигур и пешек. Шахматы были представлены властелину, и урок шахматной игры произвел на него большое впечатление.

Желая по достоинству отблагодарить брамина за урок жизненной мудрости, Схерам обещал наградить Сессу всем, чего он только пожелает.

Сесса потребовал, казалось бы, очень скромное вознаграждение: по его условию, на первую клетку шахматной



Рис. 9. Ра.
Составляющие
по форме.

доски сле
больше, ч
больше, ч
больше, ч
клетки ш
Власте
дуюсь в д
амбаров
яснилось,
одну
9 223 372
гающееся
63 (1⁰+2
составляет
лионов 44
709 милли
Имеютс
награжден
ходится 2
другому —

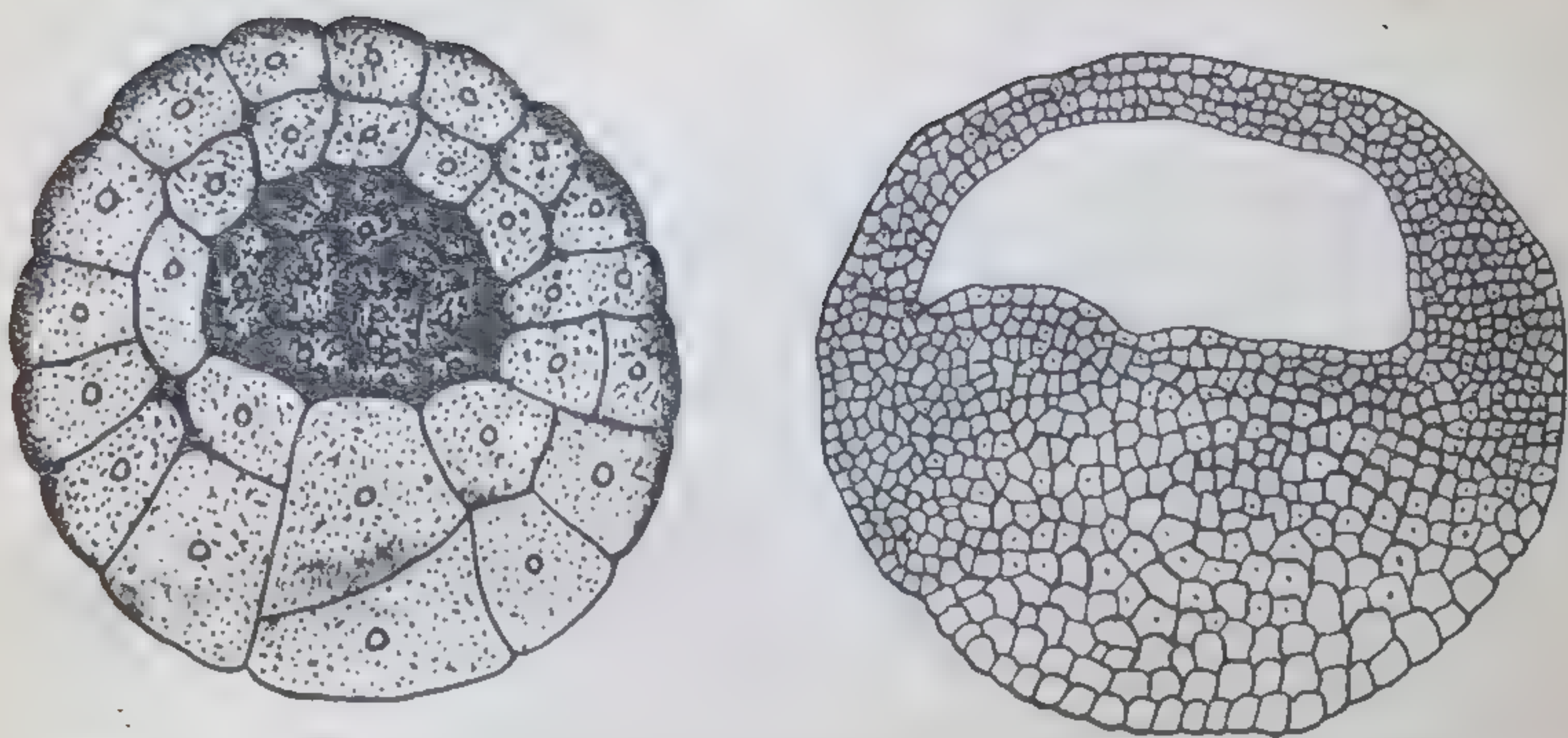


Рис. 9. Разрезы через зародышей лягушки ранних стадий развития. Составляющие их клетки мало отличаются друг от друга по величине и еще меньше — по форме.

доски следовало положить одно зерно, на вторую — вдвое больше, чем на первую, т. е. 2 зерна, на третью — вдвое больше, чем на вторую, т. е. 4 зерна, на четвертую — вдвое больше, чем на третью, т. е. 8 зерен, и так далее до 64-й клетки шахматной доски включительно.

Властелин с легкостью согласился на это условие, радуясь в душе, что так дешево откупился от мудреца. Из амбаров начали поставлять зерно. Но уже очень скоро выяснилось, что условие брамина невыполнимо: только на одну — 64-ю — клетку нужно было положить 9 223 372 036 854 775 808 зерен, а все вознаграждение, состоящее из суммы двоек, возведенных в степени от 0 до 63 ($1^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5$ и т. д. до 2^{63} включительно), составляет 18 446 744 073 709 551 615, т. е. 18 квинтиллионов 446 квадриллионов 744 триллиона 073 биллиона 709 миллионов 551 тысячу 615 зерен.

Имеются два объемных расчета размера данного вознаграждения. По одному из них принято, что на 1 м^3 приходится 20 миллионов зерен (на 1 см^3 — 20 зерен), по другому — 15 миллионов зерен (на 1 см^3 — 15 зерен). По 41

первому расчету *, объем вознаграждения составляет 922 337 203 685 м³. Для сбора такого количества зерна потребовалось бы восемь раз засеять и собрать урожай со всей поверхности земного шара! По второму расчету **, требуемое брамином количество зерна составило бы 12 000 000 000 000 м³. Длина амбара для этого количества зерна при ширине 10 м и высоте 4 м составила бы 300 000 000 км, т. е. в два раза больше расстояния от Земли до Солнца!

Число клеток в развивающемся зародыше увеличивается также в геометрической прогрессии, если допустить, что все они делятся более или менее синхронно. Поэтому нетрудно подсчитать, что уже после 31 последовательного деления число клеток достигнет биллиона, а после 48 делений их число превысит 140 триллионов.

Заметим также, что, когда говорят о клетках, из которых состоит тело человека или животного их кратко называют соматическими (от слова сома — тело). Соответственно этому и число содержащихся в них хромосом называют соматическим или диплоидным, т. е. двойным, и обозначают как 2n. В дальнейшем по мере надобности мы будем пользоваться этими терминами ввиду их лаконичности.

В отличие от клеток зародыша клетки взрослого организма достигли окончательного развития и высокой степени специализации. В теле взрослого человека можно различить не менее ста типов клеток, отличающихся по строению и функции. Теперь каждая из них выполняет определенную работу, и вследствие этого большинство их утратило способность к размножению. Постоянная интенсивная работа, как известно, всегда и на все накладывает

* Ежи Гижицки. С шахматами через века и страны. Польское издание на русском языке. Warszawa, «Sport i Turystyka», 1964, стр. 360.

42 ** Я. Перельман. Живая математика. Изд. 8-е. М., «Наука», 1967, стр. 160.

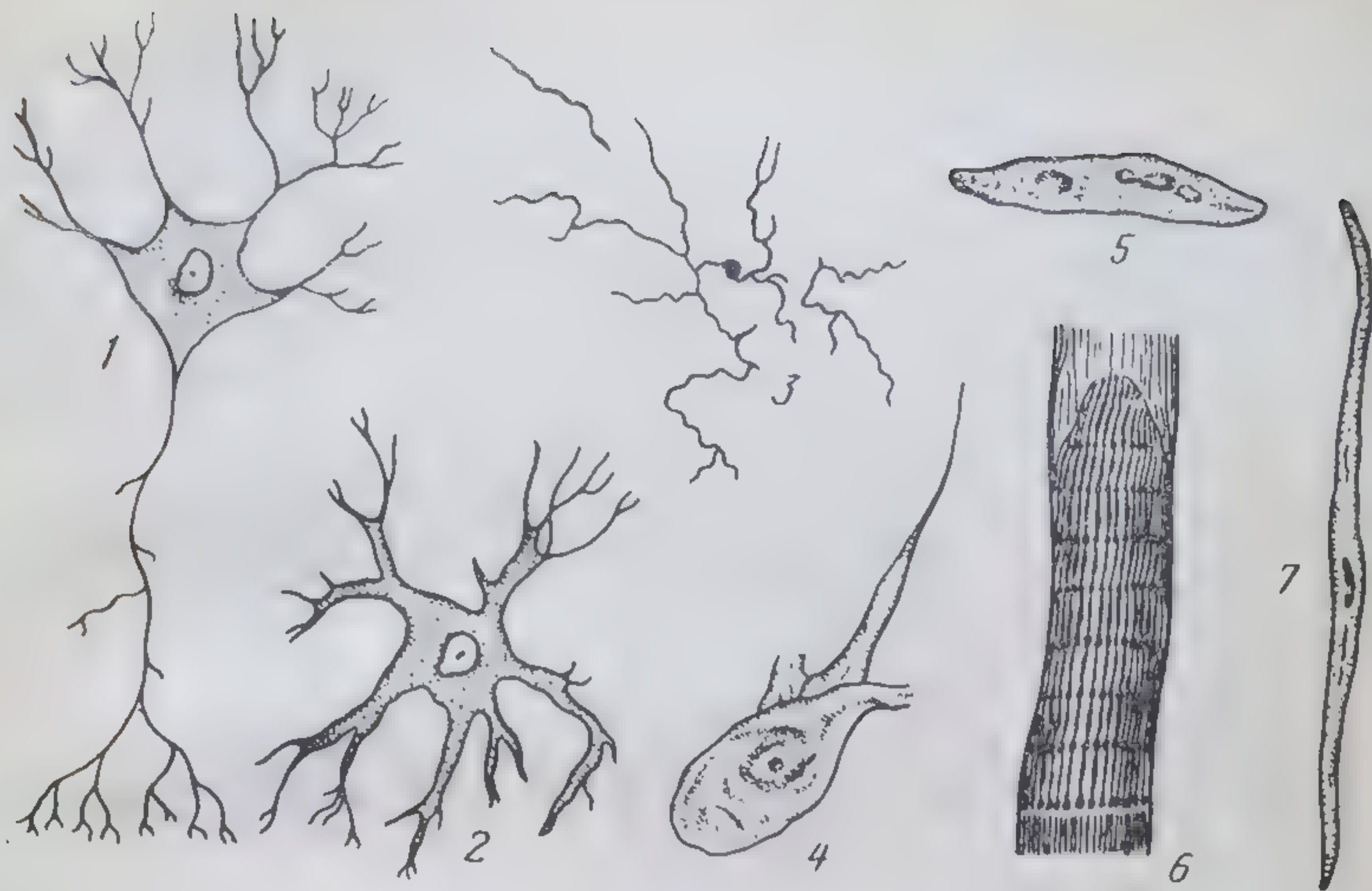


Рис. 10. Клетки взрослого организма.
1—4 — нервные клетки; 5—7 — мышечные клетки.

отпечаток профессионализма. На клетках взрослого организма он выражен очень ярко. На рис. 10 изображены мышечные и нервные клетки взрослого организма. Действительно, как непохожи они на те клетки раннего зародыша, от которых произошли и каковыми были сами в начале своего возникновения (см. рис. 9).

Клетки внешних покровов тела по форме напоминают кирпичики или черепицу. Эта их форма более всего соответствует той роли, которую они выполняют во взрослом организме, принимая на себя разнообразные механические и физические воздействия.

Клетки, в совокупности составляющие центральную и периферическую нервную систему и координирующие реакции организма на разнообразные воздействия внешней среды, очень сложны. Одна из примечательных особенностей нервных клеток — наличие у них особых отростков,

при помощи которых осуществляются их взаимные контакты и передача нервных возбуждений со скоростью 250 км в час. Длина отростков некоторых нервных клеток достигает 1 м.

Слагаясь в группы, мышечные клетки образуют мышцы. В теле человека их 639 с шестью миллиардами мышечных волокон, каждое из которых содержит около тысячи фибрилл. В них возникли сложные поперечные структуры, благодаря которым мышечные клетки приобрели способность сокращаться и расслабляться и таким путем выполнять механическую работу, связанную с передвижениями в пространстве, дыханием, кровообращением, пищеварением и другими жизненно важными функциями организма.

Вечные странники — эритроциты — от момента зарождения в костном мозгу и до самой своей смерти не отдыхают ни минуты. Запасшись кислородом в легких, поверхность которых у человека достигает 90 кв. м, они устремляются по артериям во все уголки тела, с большим трудом протискиваются по узким капиллярам, несут кислород ко всем клеткам тела. От них они забирают углекислоту и снова, теперь уже по венам, странствуют в легкие, чтобы обогатиться кислородом и снова пуститься в далекий путь. И так без конца. Один кубический миллиметр крови людей, живущих на равнине, в среднем содержит 4 700 000 эритроцитов, у жителей высокогорных стран — до 8 000 000. Если бы эритроциты взрослого человека, количество которых приблизительно равно 25 триллионам, расположить в виде столбика или нити, то ею можно было бы четыре раза опоясать земной шар.

Расчет показывает также, что общая поверхность эритроцитов, на которой происходит в легких поглощение кислорода и выделение углекислоты, равна примерно 1200 кв. м, т. е. площади 40×30 м (ср. также зависимость между объемом шара и его поверхностью).

44 Вследствие интенсивной деятельности эритроциты быстро изнашиваются и погибают через 100—130 дней после

возникновения. Поэтому и процесс их замещения новыми должен протекать непрерывно и столь же интенсивно. И действительно, продуктивная способность костного мозга намного превышает таковую всех других тканей тела человека: чтобы восполнить их естественную убыль, костный мозг выбрасывает в кровяное русло около 10 тысяч новых эритроцитов каждую секунду.

В результате высокой специализации клетки многих тканей взрослого организма навсегда утратили способность к делению. Таковы, например, клетки нервные, мышечные, эритроциты и т. д. Однако многие клетки и во взрослом организме сохраняют способность к размножению, и во время деления в них можно видеть характерное для данного вида число хромосом. Таковы только что упомянутые клетки костного мозга, клетки внешних покровов тела, покровов внутренних органов и другие. Клетки кожи и покровов внутренних органов, так же как и клетки крови, недолговечны, быстро изнашиваются и постоянно требуют замены новыми.

Половые железы состоят из особых зачатковых клеток, которые носят название первичных половых клеток. Они содержат то же число хромосом, что и все другие клетки тела.

С наступлением половой зрелости первичные половые клетки дают начало зрелым половым клеткам. Первичные половые клетки яичника превращаются в яйцеклетки, или яйца; первичные половые клетки мужской половой железы — в семенные клетки, сперматозоиды. Начавшись с перехода организма из юношеского состояния во взрослое, процесс созревания половых клеток продолжается на протяжении всего периода половой активности.

* * *

Подведем краткий итог сказанному о развитии животных организмов. Каждый размножающийся половым путем организм развивается из оплодотворенного яйца. Развитие зародыша и увеличение числа составляющих его

клеток осуществляются путем клеточных делений. Образующиеся при этом клетки устроены по одному, общему для всех клеток типу и содержат постоянное число хромосом, свойственное представителям данного вида. Это число называется соматическим или диплоидным ($2n$). Первичные половые клетки содержат то же число хромосом и в этом отношении не отличаются от всех других клеток тела. Из первичных половых клеток образуются зрелые половые клетки. Процесс созревания половых клеток начинается по достижении организмом взрослого состояния и продолжается на протяжении всего периода половой активности.

СОЗРЕВАНИЕ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛА У ДРОЗОФИЛЫ

Нашим следующим проводником в проблему определения пола будет новый организм, а именно — маленькая плодовая мушка дрозофила (рис. 11). Такое предпочтение мы отдаем ей не даром: ее «жертвенный вклад» в науку исчисляется миллиардами экземпляров*; зато определение пола изучено у нее раньше всех и настолько подробно, как ни у какого другого организма.

* Следует, впрочем, оговориться, что истинные размеры «жертвенного вклада» дрозофилы в науку никто не подсчитывал. Поэтому и названное нами количество следует рассматривать как приближенное. Для более компетентных в данном вопросе читателей мы приводим следующую справку: за первые 28 лет работы с дрозофилой (т. е. с 1909 г., когда она впервые «переступила» порог лаборатории Томаса Моргана, до конца 1938 г.) на ней было выполнено 2965 экспериментальных исследований, а к концу 1963 г. их число перевалило за 12 тысяч. Подробная их библиография опубликована в следующих четырех изданиях:

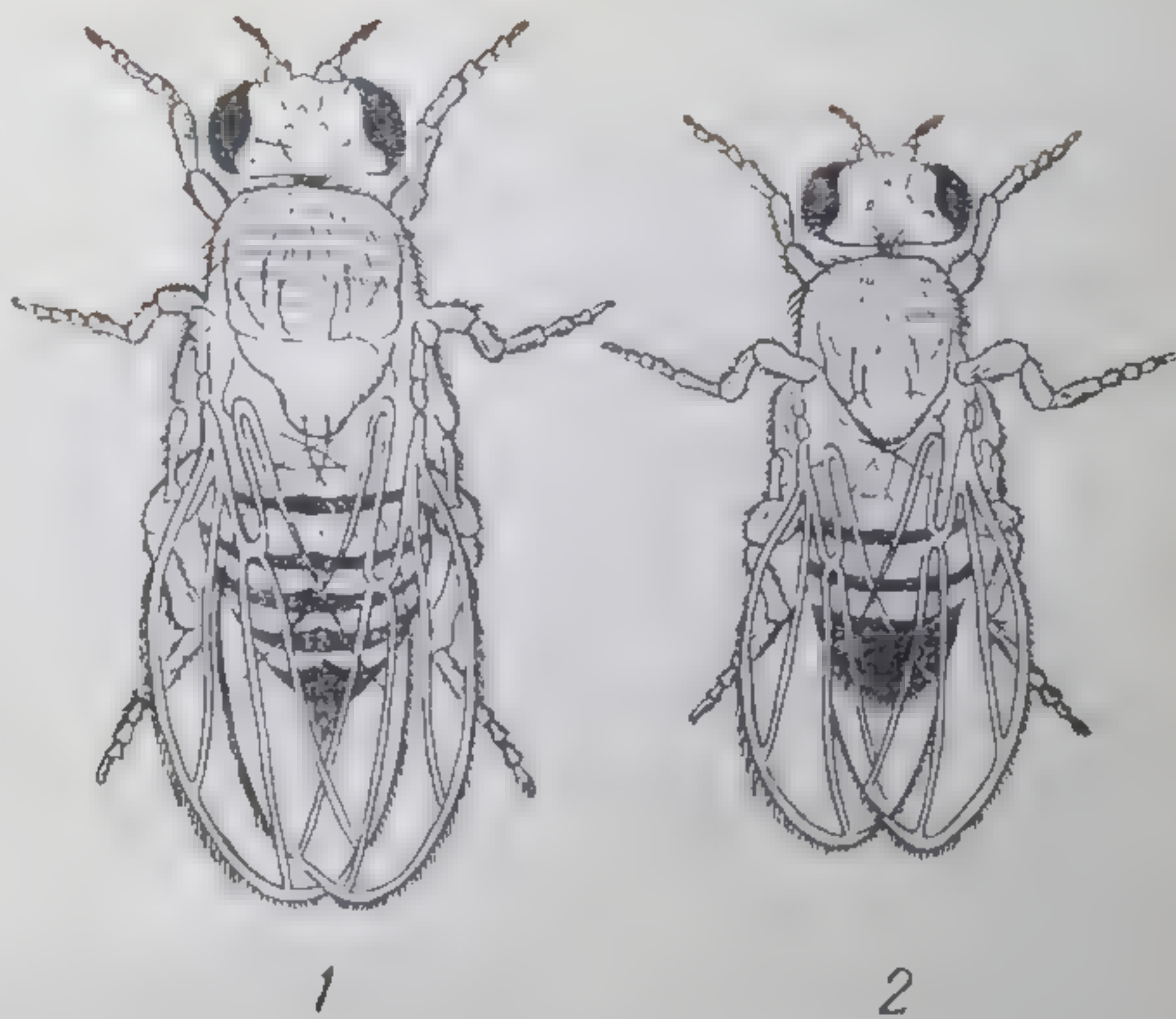
H. J. Muller. Bibliography on the Genetics of *Drosophila*. In: Imperial Bureau of Animal Breeding and Genetics. Edinburgh, Oliver and Boyd, 1939, 132 pp.

I. H. Herskowitz. Bibliography on the Genetics of *Drosophila*. Oxford, Alden Press, 1953, 212 pp.

46 I. H. Herskowitz. Bibliography on the Genetics of *Drosophila*. Bloomington, Indiana University Press, 1958, 296 pp.

Рис. 11. Дрозофила.

1 — самка; 2 — самец.



У читателя может возникнуть на первый взгляд вполне уместный вопрос: что может быть общего между ничтожной мушкой дрозофилой и, например, кроликом или человеком? Не допускаем ли мы здесь ошибки, пытаясь видеть сходство между организмами там, где его нет и не может быть вообще?

Думать таким образом — значит глубоко заблуждаться. На основании сравнения оплодотворенных яиц и развивающихся из них зародышей мы уже видели, насколько велико сходство между организмами, внешне столь непохожими друг на друга. К тому же выводу мы приходим, сравнивая строение клеток, как входящих в состав многоклеточных организмов, так и представляющих собой наиболее простые, одноклеточные существа.

Однако сходство строения животных на этом не кончается. Забегая вперед, скажем, что, как бы это поначалу

J. H. Herskowitz. Bibliography on the Genetics of *Drosophila*. New York, McGraw-Hill Book Co., 1963, 344 pp.

В последующие годы удельный вес экспериментальных исследований на дрозофиле упал. Однако для изучения ряда вопросов генетики и эволюции дрозофилу и до сих пор используют достаточно интенсивно.

ни казалось удивительным, но с точки зрения интересующего нас механизма определения пола у человека больше сходства с дрозофилой, чем, например, с курицей, и еще больше — с мышью. Подробно этот вопрос будет рассмотрен в главе II.

* * *

Итак, обратимся к дрозофиле. Это серовато-желтоватая мушка с ярко-красными глазами, размером около 3 мм. Ее паспортное, т. е. полное научное, название — дрозофила меланогастер, что в переводе с латинского означает любящая росу, влагу, прохладу, с черным брюшком. Она вполне оправдывает свое название и в яркие солнечные дни предпочитает держаться в тенистых нишах садов и огородов, нетороплива в бесшумном полете и в передвижениях по субстрату.

В природе дрозофила живет всюду, где растут или хранятся на складах богатые сахаристыми веществами фрукты и овощи. А там, где есть сахаристые вещества, всегда есть и дрожжевые грибки, которыми она питается. Осенью вместе с потоком фруктов и овощей из наших южных республик дрозофила проникает далеко на север, за пределы своего естественного ареала. В эту пору опытный глаз может обнаружить ее почти в любой московской квартире. Но она неназойлива, безвредна и потому незаметна.

Дрозофила, как и все организмы, размножающиеся половым путем, развивается из оплодотворенного яйца. При температуре 25—27° ее развитие продолжается 8—9 дней. За это время из отложенных яиц успевают развиваться взрослые мушки. Следовательно, в лабораторных условиях в течение одного года можно вывести и исследовать до 40 поколений. Это одна из тех особенностей дрозофилы, за которую ее столь охотно разводят в лабораториях всего мира, — человеческая жизнь коротка, а в науке еще так много неизведанного. Напомним для сравнения, что вся

4-14

новейшая история человечества не превышает одной сотни поколений.

Впрочем, короткий срок развития — не единственное преимущество, за которое дрозофилу столь охотно разводят для изучения явлений и законов наследственности. Другая, не менее важная биологическая особенность этой мушки — малое число хромосом в клетках ее тела. Исследователи давно оценили эту особенность дрозофилы; она помогла им разгадать многие вопросы наследственности и в том числе механизм определения пола.

Выше уже было сказано, что хромосомы, в совокупности составляющие ядро клетки, являются важнейшей ее частью. Хромосомы определяют наследственные свойства, или особенности, организма. Другое важное значение хромосом заключается в том, что они определяют пол зародыша. Таким образом, мы вплотную подошли к основному вопросу нашей темы и в дальнейшем должны будем сосредоточить свое внимание главным образом на хромосомах клетки.

Развитие дрозофилы, как и всякого другого многоклеточного организма, осуществляется путем деления оплодотворенного яйца и последующих делений клеток все новых и новых поколений и одновременно путем образования из них тканей и органов будущей взрослой мушки. Деление цитоплазмы и хромосом клеток зародыша дрозофилы в принципе не отличается от деления цитоплазмы и хромосом других организмов, о чем было сказано выше.

При помощи микроскопа можно подсчитать число хромосом в клетках зародыша дрозофилы и убедиться, что они содержат по восемь хромосом (рис. 12).

На рис. 12 прежде всего видно, что хромосомы парные. Сказанное нужно понимать в том смысле, что если в клетке есть, например, одна очень маленькая хромосома, то обязательно должна быть и другая, точно такая же маленькая хромосома. Далее, если мы видим в клетке одну большую хромосому, то обязательно находим и другую, в точности

49



Рис. 12. Двойные (диплоидные) наборы хромосом дрозофилы.

Слева — самка; справа — самец.
Схематизировано.

такую же хромосому, и т. д. Парность хромосом свойственна всем организмам и является столь же общим признаком составляющих их клеток, как и постоянство числа хромосом.

На рис. 12 видно также, что у самки дрозофилы одну такую пару составляют прямые, палочкообразные хромосомы. Хромосомы второй и третьей пар более или менее одинаковы и приблизительно вдвое длиннее хромосом первой пары. Кроме того, они изогнуты посередине и своей формой напоминают римскую цифру V. Хромосомы четвертой пары очень маленькие, точкообразные, видимые лишь при тысячекратном увеличении микроскопа.

Таким образом, четыре пары хромосом дрозофилы отличаются по форме и величине. Благодаря этому при помощи микроскопа и при известном навыке хромосомы дрозофилы можно «узнавать в лицо» и каждый раз безошибочно устанавливать, все ли они присутствуют в данной клетке, не подверглась ли та или иная хромосома каким-либо видимым изменениям, не представлены ли некоторые хромосомы в избыточном по сравнению с нормой числе и т. д.

Возможность распознавать хромосомы по их внешнему виду оказала ученым огромную услугу и помогла распутать не только интересующую нас загадку определения пола, но и не менее важные и интересные механизмы наследственности, которых мы здесь не касаемся.

Первичные половые клетки в процессе развития зародыша очень рано обособляются от клеток, из которых развиваются все органы зародыша. У дрозофилы они также

имеют восемь (четыре пары) хромосом и в этом отношении не отличаются от соматических клеток.

Но вот прошло 9—10 дней с момента откладки яичка на питательную среду. Развитие дрозофилы закончилось, и из куколки вылунилась мушка. Жизнь мушки коротка, поэтому она начинает откладывать яички уже на следующий день после появления на свет и в течение двух-трех недель откладывает их несколько сотен. Столь высокая плодовитость дрозофилы также ставит ее на одно из первых мест среди других объектов биологических исследований.

Умертвим одну такую мушку еще до того, как она успела спариться с самцом, извлечем из нее яичники с находящимися в них развитыми, но еще не оплодотворенными яйцами и при помощи микроскопа подсчитаем в них число хромосом. Для этой цели яйца предварительно нужно убить специальным раствором, при помощи особого прибора — микротомы изготовить из них тончайшие срезы и покрасить ядерной краской, после чего хромосомы становятся видимыми весьма отчетливо. К немалому удивлению мы обнаружим, что в зрелых яйцах содержится не по восемь, а только по четыре хромосомы, т. е. ровно половина того, сколько их содержится в клетках тела и в первичных половых клетках.

Не менее примечательным является еще одно обстоятельство. Оказывается, что в неоплодотворенном яйце содержится не просто какая-то случайная половина тех восьми хромосом, которые имеются во всех клетках тела мухи (см. рис. 12) и которые, конечно, были в той первичной половой клетке, из которой образовалось данное яйцо. Внимательное сравнение хромосом яйца показывает, что половинное число хромосом представлено одной хромосомой от каждой из четырех пар, содержащихся в первичных половых клетках. Иначе говоря, в зрелом яйце вместо двух палочковидных хромосом первой пары имеется только одна; вместо двух V-образных длинных хромосом второй

пары — тоже одна; вместо двух таких же V-образных длинных хромосом третьей пары — тоже только одна; наконец, единственной представлена и самая маленькая, точкообразная хромосома четвертой пары.

Спрашивается, когда, куда и почему исчезли из неоплодотворенного яйца четыре из восьми хромосом и в чем заключается биологическое значение этого явления?

До тех пор, пока организм находится в юношеском, а тем более в зародышевом возрасте, все первичные половые клетки его половой железы содержат то же число хромосом, что и клетки соматические.

Но вот организм вступил в период половой зрелости. Начиная с этого момента в его жизнь вторгается новый биологический фактор — размножение и связанное с ним созревание половых клеток. Из сопоставления этих фактов напрашивается вопрос: не связано ли уменьшение числа хромосом в зрелых половых клетках с их созреванием? Именно так оно и есть. Поэтому нам необходимо теперь рассмотреть процесс созревания половых клеток более подробно, он составляет основу основ интересующего нас вопроса.

Созревание яиц

В повседневной жизни словом «созревание» в прямом, биологическом смысле обозначают сравнительно длительный процесс созревания фруктов, овощей, семян и т. д.

52 Применительно к созреванию половых клеток в это понятие вкладывают несколько иной и более специальный смысл, а именно — уменьшение в них числа хромосом вдвое по сравнению с теми первичными половыми клетками, из которых они возникают. Этот процесс, связанный с двумя быстро следующими одно за другим клеточными делениями, как раз и приурочен к моменту созревания половых клеток, т. е. к превращению первичных женских половых

клеток в яйца, или яйцеклетки, и первичных мужских половых клеток — в сперматозоиды. Поэтому оба этих деления называются делениями созревания.

Выше уже было сказано, что в процессе деления любой клетки тела одновременно с делением цитоплазмы делится и каждая хромосома ядра. В отличие от внешне сравнительно простого способа деления цитоплазмы каждая хромосома предварительно удваивается, и одна из образовавшихся дочерних хромосом отходит в одну дочернюю клетку, а другая — в другую. В результате из одной материнской клетки образуются две дочерние, и обе они содержат одно и то же число хромосом. У дрозофилы, о которой идет речь, оно равно восьми. Таким же путем в порядке размножения делятся и первичные половые клетки дрозофилы, которые составляют основу половой железы и служат источником образования зрелых половых клеток.

Иначе протекают деления созревания первичных половых клеток в процессе превращения их в зрелые клетки. Однако перед тем как идти дальше, необходимо в наш лексикон ввести несколько новых слов, которыми ввиду их краткости мы по мере надобности будем пользоваться в дальнейшем изложении.

Выше, говоря о составе хромосом в клетках дрозофилы, мы одну их пару называли палочкообразными. Сделаем теперь еще один шаг в терминологическом направлении — будем называть их не палочкообразными, а половыми хромосомами, или X-хромосомами. Почему эти хромосомы называют половыми, мы узнаем несколько позже. Что же касается другого их названия, т. е. X-хромосомы, то оно имеет чисто условное значение и употребляется исключительно ради краткости и удобства их обозначения в разговоре, в письме или на рисунках, с чем мы неоднократно встретимся ниже. Сами же X-хромосомы, конечно, не похожи на букву X. По тем же соображениям удобства хромосомы второй, третьей и четвертой пар объединяются под общим названием аутосом.

Двумя другими новыми терминами будут овогонии и сперматогонии. Первым обозначают первичные женские половые клетки, вторым — первичные мужские половые клетки. Соответственно этому процесс созревания женских половых клеток (яиц) носит название овогенеза, а процесс созревания мужских половых клеток (сперматозоидов) — сперматогенеза.

Наконец, термином гаметы мы будем обозначать зрелые половые клетки, независимо от того, относится ли это понятие к яйцам или сперматозоидам.

* * *

Итак, перед нами первичная женская половая клетка, или овогоний, в яичнике дрозофилы. Проследим внимательно, как протекает процесс превращения его в зрелое яйцо (рис. 13).

Перед первым делением созревания овогония хромосомы каждой пары приходят в тесное соприкосновение друг с другом (конъюгация) и образуют сложные, в действительности двойные хромосомы. При этом из двух половых хромосом образуется одна двойная половая хромосома; вторая и третья хромосомы также попарно образуют две двойные хромосомы; наконец, две самые маленькие, точкообразные хромосомы также сближаются и образуют одну двойную точкообразную хромосому.

В результате попарного сближения хромосом в овогонии перед первым делением созревания под микроскопом можно видеть уже не восемь, а только четыре — в действительности двойные — хромосомы. В дальнейшем члены каждой двойной хромосомы разъединяются и расходятся друг от друга; один из них отходит в одну дочернюю клетку, а другой — в другую.

Следовательно, конечный результат первого деления созревания таков, что обе дочерние клетки будут содержать не по восемь, а только по четыре хромосомы — по



Рис. 13
1-4 — пер-
шее по ти-
пое) число

Для
хромос
ловых
вые кл
на вто
сок вос
ских к
Из них
курии
между
члены
ства со
нородн
Мо
эти вос
ссиску
ну пол
му. По

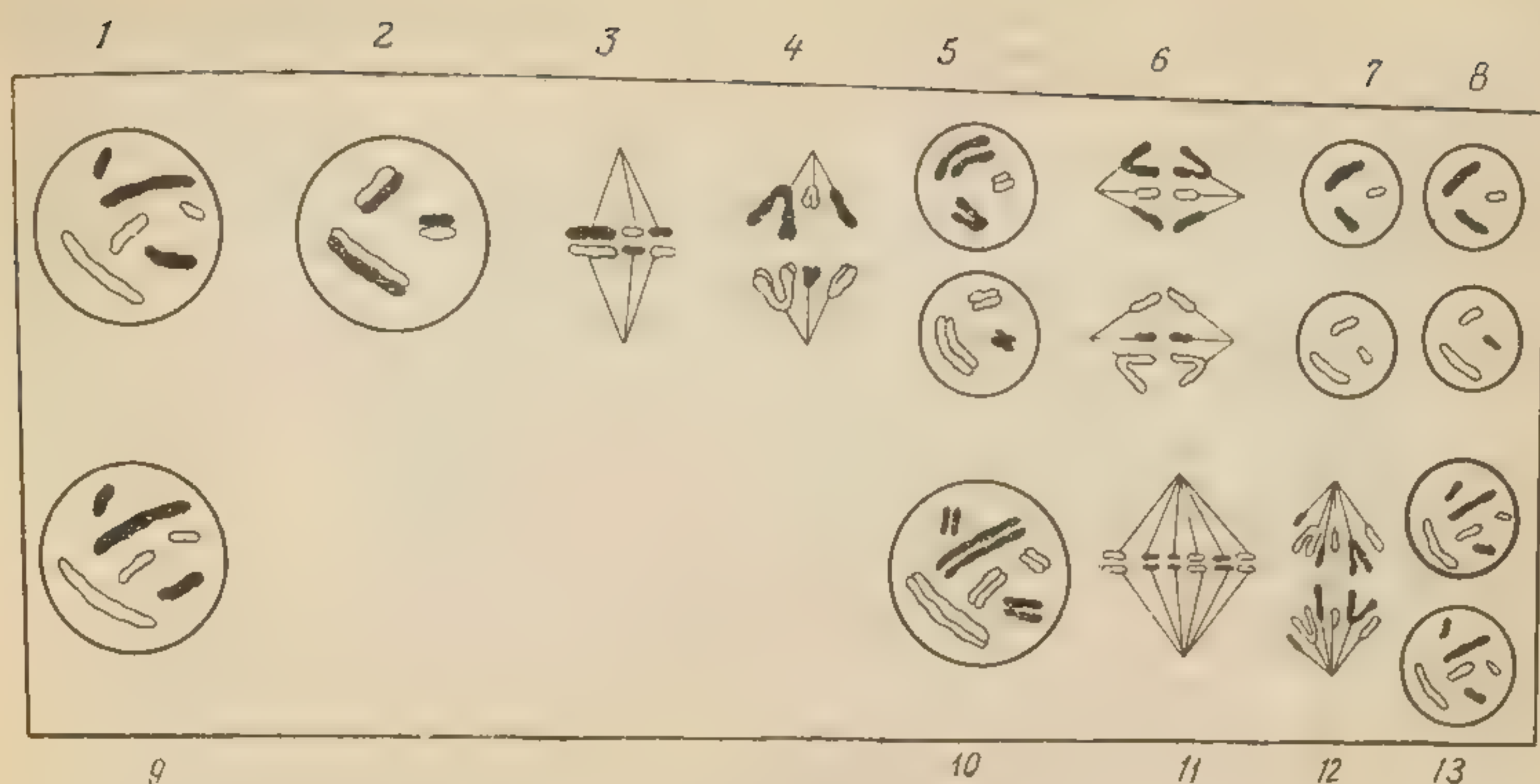


Рис. 13. Деления созревания половых клеток.

1—4 — первое (редукционное) деление; 5—8 — второе (эквационное) деление, протекающее по типу митоза. Нижний ряд (9—13) — митоз (для сравнения). Исходное (диплоидное) число хромосом равно шести.

Для лучшего уяснения разницы в способах деления хромосом соматических клеток и хромосом первичных половых клеток в процессе их превращения в зрелые половые клетки приведем следующую аналогию. Допустим, что на второе блюдо для двух человек поданы сосиски. Сосисок восемь, т. е. столько же, сколько хромосом в соматических клетках и в первичных половых клетках дрозофилы. Из них две сосиски говяжьи, две свиные, две телячьи и две куриные. Спрашивается, как разделить эти восемь сосисок между двумя обедающими наиболее точно, учитывая, что члены каждой пары содержат равные суммарные количества составляющих их ингредиентов, но могут быть неоднородны по длине?

Можно тремя наиболее простыми способами разделить эти восемь сосисок. По первому способу можно каждую сосиску разрезать пополам — посередине и поперек, и одну половину дать одному обедающему, а другую — другому. По второму способу каждую сосиску можно разрезать

также пополам, но не поперек, как в первом случае, а вдоль, и продольные половинки распределить так же, как и в первом случае. Наконец, по третьему способу одному обедающему дать по одной сосиске каждого сорта, а другому — по другой.

Оставаясь в рамках рассматриваемой аналогии, мы можем теперь сказать, что хромосомы соматических клеток всегда делятся по второму из только что упомянутых способов деления, а хромосомы в созревающих половых клетках — по третьему способу. Что же касается первого способа, то в процессе клеточных делений он никогда не имеет места: для деления того вещества, которое заключено в хромосомах, этот способ оказывается неточным, так как хромосомы неоднородны по длине. Поэтому деление их по первому способу привело бы к образованию неравноценных хромосом в дочерних клетках.

Одновременно с расхождением хромосом в дочерние клетки делится и цитоплазма материнской клетки. Деление цитоплазмы овогония в процессе превращения его в яйцо также существенно отличается от деления цитоплазмы соматических клеток. В процессе деления последних цитоплазма делится поровну, в результате чего образуются две равноценные по величине и потому одинаково жизнеспособные дочерние клетки. В процессе деления овогония цитоплазма распределяется между дочерними клетками неравномерно, вследствие чего образуются две неравноценные дочерние клетки. В одной из них сосредоточена почти вся цитоплазма материнской клетки и половинное число хромосом (точнее, по одной хромосоме каждой пары). На долю другой дочерней клетки приходится лишь ничтожная доля цитоплазмы материнской клетки и также половинное число хромосом (т. е. по другой хромосоме каждой пары). Поскольку эта карликовая клетка возникает в результате первого деления созревания, при котором число хромосом в дочерних клетках уменьшается, редуцируется вдвое, она называется первым редуционным тельцем. Таковы осо-

бенности и результаты первого деления созревания овогония и превращения его в яйцо.

Этот способ, или тип, клеточных делений называют мейозом. В отличие от митотического, или эквационного, этот тип клеточного деления называют также редукционным (от слова *reduction* — уменьшение), поскольку в результате редукционного деления число хромосом в дочерних клетках уменьшается вдвое. Это число называют гаплоидным или ординарным и кратко обозначают как $1n$ или просто n . Деление по типу мейоза имеет место только в процессе созревания половых клеток.

Второе деление созревания овогония также характеризуется своими особенностями. Они заключаются в том, что цитоплазма и в этом случае распределяется между дочерними клетками столь же неравномерно, как и в первом делении, в то время как хромосомы делятся по типу, свойственному хромосомам соматических клеток, т. е. по типу митоза (см. рис. 13, нижний ряд). Иначе говоря, каждая из четырех хромосом делится продольно и их половинки отходят в дочерние клетки, в одну из которых снова отшнуровывается лишь ничтожное количество цитоплазмы. По аналогии с первым редукционным тельцем эта клетка носит название второго редукционного тельца.

Для полноты описания процесса необходимо отметить, что одновременно со вторым делением созревания яйца успевает еще раз разделиться и первое редукционное тельце. Оно также делится по типу соматических клеток и дает начало двум дочерним клеткам, иначе — двум редукционным тельцам.

Таким образом, в результате двух делений созревания из каждого овогония образуется одна клетка с вдвое уменьшенным числом хромосом и с большим количеством цитоплазмы и три очень маленькие клетки такого же хромосомного состава, как и первая, но с ничтожным количеством цитоплазмы. Первая есть не что иное, как яйцеклетка, или зрелое яйцо. Вместо восьми, или четырех парных,

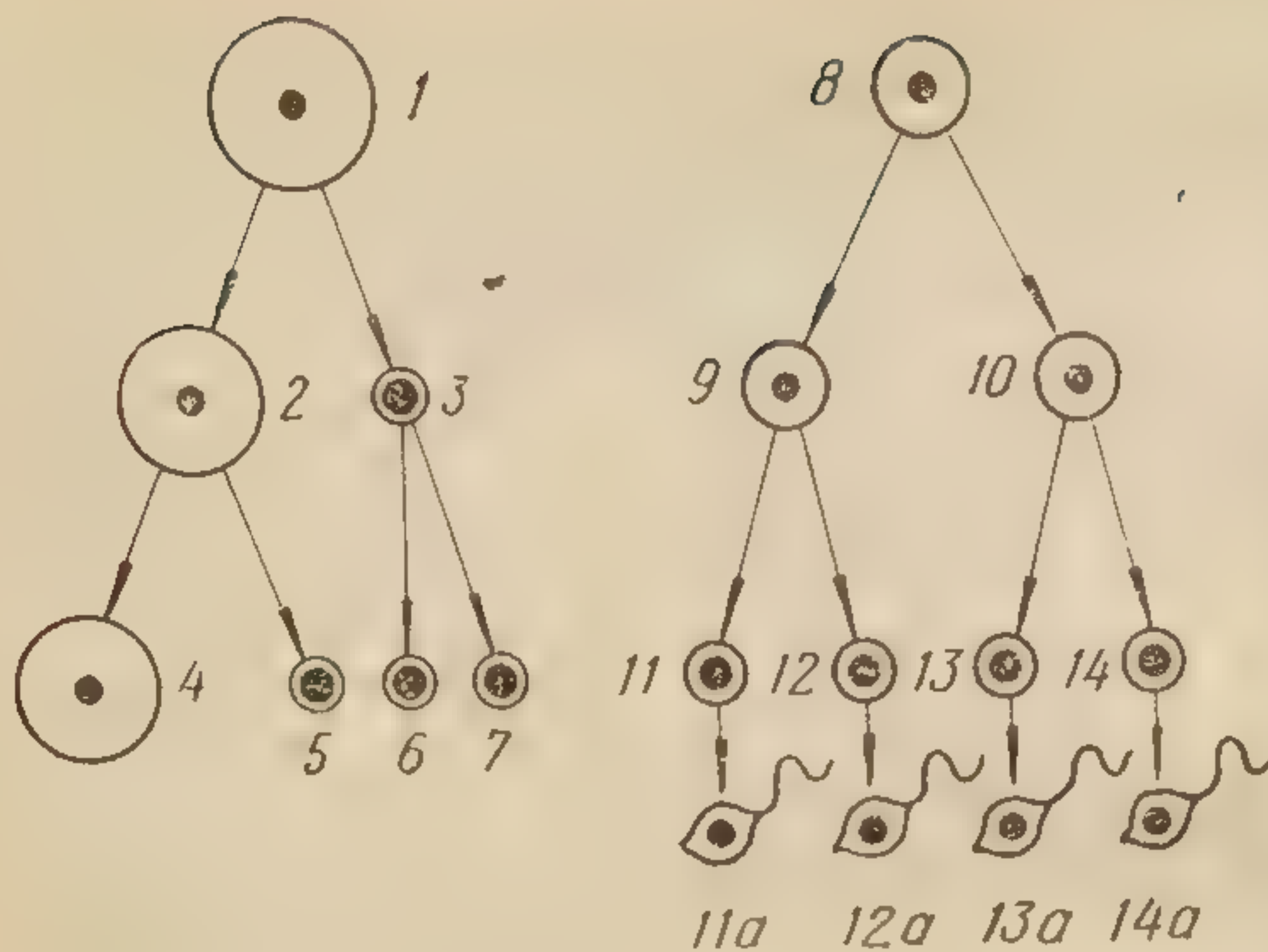


Рис. 14. Схематическое изображение процесса созревания яиц и сперматозондов у дрозофилы.

Слева — созревние яиц: 1 — первичная женская половая клетка; 2 — овоцит II порядка; 3 — первое редукционное тельце; 4 — зрелая яйцеклетка; 5-7 — редукционные тельца. Справа — созревние сперматозондов: 8 — первичная мужская половая клетка; 9-10 — сперматоциты II порядка; 11-14 — сперматиды; 11a-14a — сперматозонды.

хромосом овогония в нем осталось только четыре, по одной хромосоме каждой пары, т. е. одна половая, или X-хромосома, одна вторая, одна третья и одна четвертая хромосомы (аутосомы). Кроме цитоплазмы, в яйце содержится также много питательных веществ, необходимых для развития будущего зародыша.

Что касается редукционных телец, то они нежизнеспособны и погибают.

Из всего сказанного о созревании яиц у дрозофилы вытекает еще один важный вывод, а именно — из каждого овогония возникает одно яйцо. Другими словами, сколько овогониев в яичниках пройдет стадию созревания, столько и образуется яиц. По числу и составу хромосом все яйца у дрозофилы одинаковы, и каждое из них, кроме трех аутосом, содержит одну половую, или X-хромосому. Кратко это можно записать так: $X+3$. Процесс овогенеза у дрозофилы схематически представлен на левой половине рис. 14. Уменьшение числа хромосом в зрелых половых клетках имеет место у всех организмов, размножающихся половым путем. Биологическое значение этого явления будет

Созревание сперматозоидов

Рассмотрим теперь процесс созревания сперматозоидов в семенниках самца дрозофилы. Есть ли в нем какое-либо отличие от того, что имеет место в процессе созревания яиц, и в чем оно заключается?

Отметим прежде всего одну важную отличительную особенность хромосом самца от хромосом самки. В сущности эта особенность касается лишь одной пары хромосом и заключается в том, что соматические клетки самца и сперматогонии содержат только одну типичную половую, или X-хромосому, аналогичную X-хромосоме самки. Другая половая хромосома самца отличается от первой как по внешнему виду, так и по своему значению. На рис. 12 она изображена в виде палочки, загнутой на одном конце. Эта половая хромосома неравноценна X-хромосоме и в отличие от нее называется Y-хромосомой опять-таки не за ее сходство с буквой Y, а по соображениям удобства.

Деления созревания сперматогониев протекают сходно с делениями созревания овогониев, за одним исключением, с которым мы сейчас познакомимся. Перед началом первого деления созревания сперматогония хромосомы каждой пары также приходят в тесное соприкосновение друг с другом. При этом X- и Y-хромосомы соприкасаются не по длине, или бок о бок, а своими концами и в этом смысле образуют несколько своеобразную пару хромосом, что, впрочем, не имеет для нас особого значения. Хромосомы трех других пар (аутосомы) приходят в соприкосновение обычным способом — бок о бок.

В дальнейшем одновременно с делением цитоплазмы сперматогония члены двойных хромосом разъединяются и отходят во вновь образующиеся дочерние клетки. В каждую из них отходит по одной хромосоме каждой пары. Половые хромосомы также расходятся, и одна из них, X-хромосома, попадает в одну дочернюю клетку, а другая, Y-хромосома, — в другую.

Следовательно, в результате первого деления созревания из одного сперматогония образуются две дочерние клетки, неравноценные в отношении половых хромосом. В этом первая отличительная особенность сперматогенеза.

Его другое отличие заключается в распределении цитоплазмы сперматогония. В противоположность тому, что имеет место в процессе делений овогония, цитоплазма сперматогония распределяется между дочерними клетками поровну. Следовательно, в результате первого деления созревания образуются две клетки, неравноценные в отношении половых хромосом, но равноценные по содержанию в них цитоплазмы.

Во втором делении созревания хромосомы делятся так же, как и в овогенезе, т. е. по типу деления соматических клеток, или митоза. Это значит, что из каждой клетки с X-хромосомой возникают две клетки с X-хромосомой и из каждой клетки с Y-хромосомой возникают две клетки с Y-хромосомой. Цитоплазма и в этом случае распределяется между дочерними клетками поровну. Следовательно, результатом двух делений созревания сперматогония будут четыре клетки, равноценные по содержанию в них цитоплазмы, но неравноценные в отношении половых хромосом. Из них две клетки будут содержать X-хромосому, а две другие — Y-хромосому. Эти клетки — не что иное, как будущие сперматозоиды.

Таким образом, если в семенниках самца дрозофилы стадию созревания прошел, скажем, один миллион сперматогониев, то из них образуется четыре миллиона сперматозоидов. Из них половина, т. е. 50%, будут с X-хромосомой и столько же — с Y-хромосомой. Сперматозоиды обоих типов содержат также по три аутосомы. Следовательно, их хромосомный состав можно записать так: $X+3$ и $Y+3$. Процесс сперматогенеза схематически представлен в правой части рис. 14*.

60 * Приведенное здесь описание делений созревания половых клеток (мейоза) несколько упрощено, что для наших целей не имеет су-

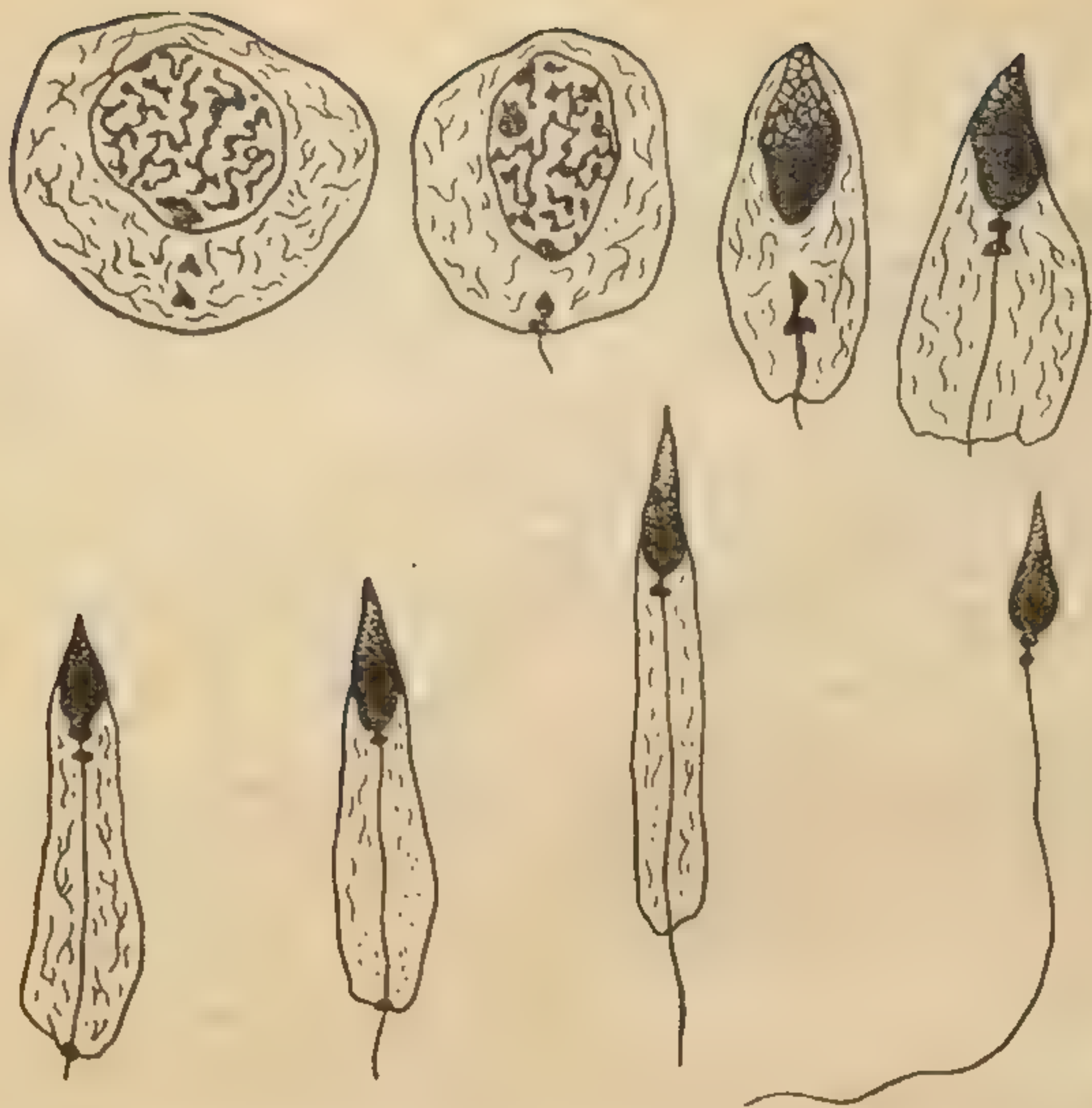


Рис. 15. Превращение клетки (сперматиды) в сперматозоид.

Чтобы принять окончательную форму сперматозондов, этим клеткам остается претерпеть некоторые морфологические изменения (рис. 15), что происходит следующим образом: хромосомы сближаются, постепенно уплотняются и образуют головку сперматозоида; цитоплазма отбрасывается, как не играющая роли при оплодотворении, а из других частей клетки образуется хвостик сперматозоида, при помощи которого он передвигается в семенной жидкости.

Сперматозоиды в большом количестве накапливаются в семени. В действительности удвоение (редупликация) хромосом предшествует их попарному сближению (конъюгации). Следовательно, каждая пара хромосом, образовавшаяся в результате конъюгации, на самом деле состоит не из двух, а из четырех молекул ДНК (хроматид), которые в процессе редукционного и эквационного делений распределяются так, как это описано в тексте.

в семенниках и в семявыносящих путях самца. Отсюда они вводятся в половые пути самки в результате совокупления. Рыбы, лягушки, тритоны и большинство других водных животных выбрасывают яйца (икру) и сперматозоиды (молóки) непосредственно в воду, где и происходит оплодотворение.

* * *

Подведем итог сказанному о созревании половых клеток дрозофилы — яиц и сперматозоидов. Из каждой первичной женской половой клетки, или овогония, в результате двух делений созревания (первое протекает по типу мейоза, второе — по типу митоза) образуется одно яйцо, содержащее X-хромосому. В отношении половой хромосомы все образующиеся у дрозофилы яйца одинаковы.

В отличие от этого каждая первичная мужская половая клетка, или сперматогоний, после двух таких же делений созревания дает начало четырем сперматозоидам. Из них два содержат X-хромосому, два других — Y-хромосому. В итоге 50% сперматозоидов содержат X-хромосому, и столько же — Y-хромосому.

По числу аутосом все яйца и сперматозоиды одинаковы: каждое из них содержит три аутосомы, т. е. по одному члену каждой пары.

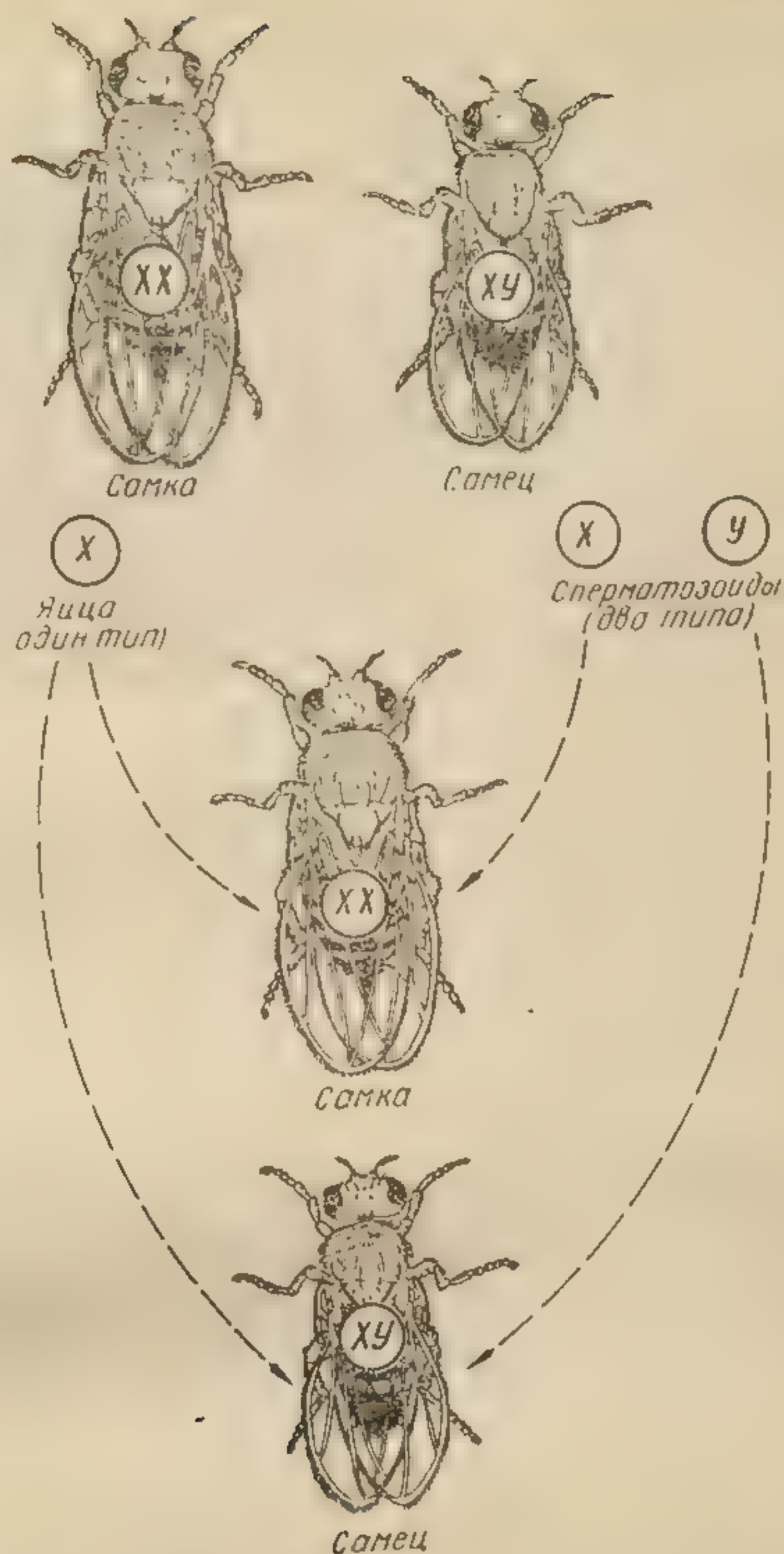
В отличие от клеток соматических и первичных половых, которые содержат диплоидное число хромосом, зрелые половые клетки — яйца и сперматозоиды — содержат вдвое меньшее, гаплоидное число хромосом ($1n$).

Оплодотворение и определение пола

Нам остается проследить последний этап процесса, все время стоящего в центре нашего внимания. После того как в результате спаривания самца и самки семенная жидкость с находящимися в ней двумя типами сперматозоидов попадает в половые пути самки, любое яйцо с одинаковой степенью вероятности может быть оплодотворено как сперматозоидом с X-хромосомой, так и сперматозоидом с

Рис. 16. Определение пола у дрозофилы.

Вверху изображены самка и самец, в кружках — их половые хромосомы и образующиеся яйца (одного типа) и сперматозонды (двух типов). Пол зародыша определяется сочетанием половых хромосом в процессе оплодотворения. Аутосомы на рисунке не показаны.



У-хромосомой. Если яйцо с X-хромосомой будет оплодотворено сперматозоидом с такой же X-хромосомой, из него разовьется самка. Но если такое же яйцо будет оплодотворено сперматозоидом с Y-хромосомой, из него разовьется самец (рис. 16). Следовательно, в каждом отдельном случае пол зародыша будет зависеть от того, какой сперматозоид раньше других достигнет яйца и оплодотворит его. Теперь становится понятным, почему X- и Y-хромосомы называются половыми хромосомами.

Таким образом, в норме основу механизма определения пола у дрозофилы составляет различие мужских половых клеток в единственной паре хромосом и те последствия, которые на этой основе возникают в процессе оплодотворения.

Как видно, этот механизм оказывается настолько же простым, насколько и совершенным. С его помощью не только осуществляется определение пола будущего зародыша, но и автоматически регулируется численное равенство самок и самцов в потомстве любого вида в природе. В дальнейшем мы остановимся на этом вопросе подробнее, а сейчас лишь заметим, что отношение особей мужского и женского пола у данной пары родителей будет тем ближе соответствовать идеальному, т. е. 1 : 1, чем больше потомков они произведут.

Рассмотренный способ, или тип, определения пола впервые был установлен у дрозофилы. Поэтому он был назван типом дрозофилы.

У всех тех организмов, у которых пол зародышей определяется по типу дрозофилы, самцы образуют гаметы двух типов и, следовательно, играют решающую роль в определении пола, которое осуществляется в процессе оплодотворения. Кратко это выражают, говоря: у всех таких организмов мужской пол гетерогаметен, т. е. образует два типа гамет (сперматозоидов): один — на самцов, другой — на самок, а женский пол гомогаметен, т. е. образует один тип гамет (яиц).

СОЗРЕВАНИЕ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛА У ЧЕЛОВЕКА

Способ, или тип, определения пола, впервые установленный у дрозофилы, имеет в природе очень широкое распространение. По этому типу определение пола протекает у всех исследованных млекопитающих животных, в том числе домашних (лошадь, корова, овца), лабораторных (мышь, крыса, кролик), а также у человека.

Наступление периода половой зрелости у человека знаменует собой важный этап в жизни представителей обоих полов, связанный с началом созревания половых клеток и воспроизведением потомства. До сих пор каждый из них в известном смысле жил для себя, принадлежал самому себе. По достижении половой зрелости организм принадлежит не столько себе, сколько своему настоящему и будущему потомству, своему сообществу, своему виду. Он сам возник в силу всеобщего закона природы — размножения и в свою очередь должен оставить после себя потомство. Только в этом случае будет выполнена биологическая задача его жизни; в противном случае вид, к которому данный организм принадлежит, вымрет, перестанет существовать.

Созревание сперматозоидов

По достижении человеком периода половой зрелости его половые железы начинают вырабатывать зрелые половые клетки: яичники у женщин — яйца, или яйцеклетки, семенники у мужчин — сперматозоиды.

Количество сперматозоидов, образующихся в течение жизни мужчины, достигает поистине астрономических величин. Некоторое представление об этом можно получить, если учесть, что только за один акт совокупления выбрасывается более 200 миллионов сперматозоидов. Поэтому параллельно с процессом созревания сперматозоидов в семенниках постоянно восполняется запас сперматогониев. Оба эти процесса начинаются с наступлением половой зрелости и продолжаются в течение всего воспроизводительного периода.

Процесс превращения сперматогониев в сперматозоиды протекает у человека так же, как у дрозофилы. В результате двух делений созревания сперматогония (мейоза и митоза) образуются два типа сперматозоидов, а именно — с X- или Y-хромосомой, поровну обоих типов. Следовательно, у человека, как и у дрозофилы, решающую роль

в определении пола играет мужской пол. Каждый сперматогоний дает начало четырем сперматозоидам, а один миллион сперматогониев — четырем миллионам сперматозоидов. Диплоидное число хромосом у человека равно 46 (23 парам), т. е. почти в шесть раз больше, чем у дрозофилы. Каждый сперматозоид, кроме X- или Y-хромосомы, содержит также 22 аутосомы. Поэтому полное обозначение, или формулы, двух типов сперматозоидов мужчины будут таковы: $X+22$, $Y+22$.

Созревание яиц

Процесс созревания яиц у женщин характеризуется некоторыми особенностями. Главная из них заключается в том, что размножение овогониев происходит еще во внутриутробном периоде и заканчивается между 5-м и 6-м месяцами развития плода. Поэтому новорожденная появляется на свет с полным их комплектом на весь будущий период половой активности. Число овогониев в обоих яичниках новорожденной девочки достигает 600—700 тысяч. Следовательно, овогонии пребывают в незрелом состоянии в течение очень длительного периода. Одна граница последнего — это день рождения (точнее — 5—6-месячный возраст плода), другая растянута от начала до конца половой активности, т. е. в среднем от 15 лет до прекращения месячных.

Что касается собственно процесса созревания яиц, то он протекает так же, как у дрозофилы: в результате двух делений созревания каждый овогоний превращается в зрелое яйцо. А так как овогонии женщины содержат две одинаковые половые хромосомы, то и все образующиеся у нее яйца будут одного типа, т. е. с X-хромосомой. В отличие от сперматогониев каждый овогоний дает начало одному яйцу. Напомним также, что как сперматозоиды, так и яйца содержат по 22 аутосомы. Поэтому полное обозначение 66 хромосомного состава яиц женщины будет таково: $X+22$.

Оплодотворение и определение пола

Пол зародыша у человека, так же как у других млекопитающих и у дрозофилы, зависит от сочетания половых хромосом в оплодотворенном яйце. Если зрелое яйцо в то время, когда оно проходит по яйцеводу, будет оплодотворено сперматозоидом с X-хромосомой, из него возникнет зародыш, каждая клетка которого, кроме 44 аутосом, будет содержать две X-хромосомы. Из такого зародыша разовьется девочка (рис. 17). Если же яйцо оплодотворится сперматозоидом с Y-хромосомой, из такого яйца возникнет зародыш, клетки которого, опять-таки, кроме 22 пар аутосом, будут содержать X- и Y-хромосомы. Из такого зародыша разовьется мальчик.

Не удивительно ли, что разница всего лишь в единственной паре микроскопически малых хромосом оказывается достаточной для того, чтобы направить в определенную сторону сложные процессы развития зародыша и определить все те многочисленные крупные и едва заметные особенности строения тела, которые отличают мужчину от женщины и которые мы выражаем, противопоставляя такие понятия, как мужской — женский пол, мужчина — женщина, мужественность — женственность, сила и атлетизм — грация и обаяние.

На стр. 24 было указано, насколько природа изобретательна на те бесчисленные приспособления, конечной целью которых является обеспечение встречи женских и мужских половых клеток, т. е. обеспечение оплодотворения и возникновения потомства, непрерывности существования вида.

И все же природа несравненно более щедра в другом, количественном отношении. В самом деле, только за один половой акт в половые пути женщины вводится 200 миллионов сперматозоидов. Из них в благоприятном случае лишь единственный оплодотворит яйцо и даст начало новой жизни; все другие гибнут.



Рис. 17. Определение пола у человека.

В фигуре хоровода изображены отец, мать и их дети — девочка и мальчик. Пол детей символически представлен зависящим от тех своеобразных эстафет в виде X- и Y-хромосом, которые они получили от родителей и в свою очередь передадут своему будущему потомству. Аутосомы на рисунке не представлены.

Выше было указано также, что в обоих яичниках новорожденной девочки содержится до 700 тысяч овогониев. У женщины за один менструальный цикл, как правило, созревает одно яйцо. Исключение составляют случаи рождения близнецов, когда одновременно созревают два или несколько яиц, оплодотворение которых приводит к рождению двоен, троен и т. д. Таких циклов в жизни женщины в среднем бывает 400—600. Следовательно, столько же раз в своей жизни она готова стать матерью. А какова
68 судьба всех остальных овогониев? Они также погибают.

Такова степень обеспеченности существования вида со стороны половой сферы составляющих его индивидуумов. Без нее существование и процветание вида были бы поставлены под угрозу.

Но природа не была бы природой, если бы на каждом шагу не ставила нас перед все новыми и неожиданными загадками и парадоксами. Таким парадоксом в рассматриваемом вопросе является, с одной стороны, уже отмеченная безграничная изобретательность и расточительная щедрость тех приспособлений, конечной целью которых является обеспечение встречи яйца и сперматозоида, т. е. акт оплодотворения; с другой стороны — подкупающая простота и широкая распространенность механизма определения пола по типу дрозофилы у самых разнообразных организмов.

И действительно, даже самому пылкому фантасту, вероятно, не пришла бы в голову мысль искать глубокое сходство между мухой и домашними животными, между мухой и человеком. А между тем это так, как бы ни казалось удивительным. По-видимому, природа долго и тщательно шлифовала механизм определения пола и, доведя до нужной степени надежности, сделала его достоянием огромного числа живых существ, независимо от степени их биологического развития и положения в естественной системе. В этом, как, впрочем, и во всех других отношениях, у природы нет пасынков и фаворитов: все то, что апробировано ею в течение длительного эволюционного развития, поражает удивительной целесообразностью. Механизм определения пола является хорошей тому иллюстрацией.

ГОРМОНЫ И ПОЛ

В теле млекопитающих животных и человека существуют две системы передачи распоряжений, касающихся регуляции клеточного обмена, функций отдельных органов и их систем. Одна из них — нервы, другая — гормоны.



Рис. 18. Влияние кастрации на внешний облик петухов породы себрайт.

Слева — нормальный петух. Справа — кастрированный петух.

Первая система — быстродействующая, телеграфная, но не лишенная одного недостатка: в случае нарушения целостности нервного проводника связь данного органа или отдела тела с центральной нервной системой нарушается.

Гормоны (по-русски — возбудители) — это своего рода посыльные, или курьеры. Через них команды передаются гораздо медленнее, но с полной гарантией за доставку при любых обстоятельствах: они попадают к местам назначения через кровь, которая омывает все уголки тела. Одна из характерных особенностей гормонов состоит в том, что они действуют в неизмеримо малых количествах. Так, например, количество гормона надпочечника, вырабатываемое в течение жизни человека, не превышает одного грамма, а его эффективная концентрация в крови составляет 1 : 1—2 миллиардам.

Гормоны как общего действия, регулирующие процессы клеточного обмена, так и специальные, половые, регулирующие развитие и рост организма, функции его воспроизводительной системы и их цикличность, играют важную роль на всех стадиях жизни человека, и потому на них необходимо кратко остановиться.



Рис. 19. Влияние кастрации и пересадки семенников на внешний облик кур породы коричневые леггорны.

1 — нормальная курица; 2 — кастрированная курица; 3 — кастрированная курица, которой был пересажен семенник; 4 — курица, которой был пересажен семенник.

железы, оно становится не только бесплодным, но и утрачивает так называемые вторичнополовые признаки, по которым представители одного пола отличаются от представителей другого пола. Кастрированный петух перестает кукарекать, утрачивает петушиный наряд и гребень, половое влечение, драчливость — он становится «куроперым петухом», каплуном (рис. 18). Горячий жеребец превращается в спокойного мерина, упрямый бык — в равнодушного ко всему вола и т. д.

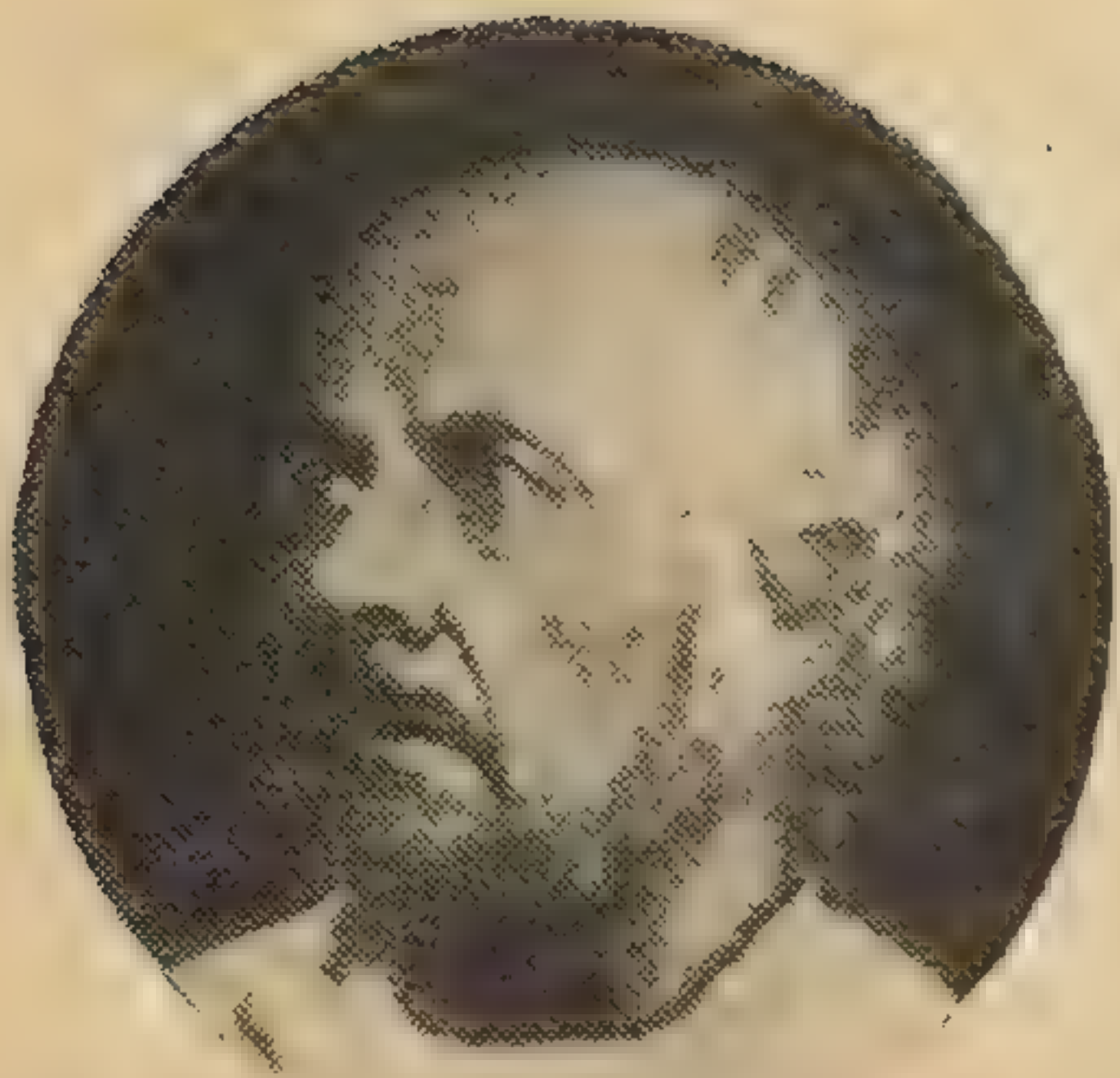


Рис. 20. У этой женщины отчетливо выраженные мужские черты развились в результате заболевания яичников и разрастания клеток семенника.

Не менее резкие изменения вторичнополовых признаков наблюдались у кур породы коричневые леггорны в результате кастрации и пересадки им семенников (рис. 19).

Подобные факты были известны в глубокой древности. Так, уже в Илиаде и в Библии можно прочесть, что покоренные враги подвергались кастрации. В Китае и Турции до сравнительно недавнего времени существовал обычай кастрировать мальчиков — будущих покорных и надежных слугителей-гаремов (евнухов).

В Италии до середины прошлого века на некоторых парикмахерских можно было видеть такие объявления: «Здесь за доступную плату производят кастрацию». По обычаю того времени кастрированных мальчиков продавали как покорных слуг, актеров, хористов — исполнителей дискантовых партий в католических соборах и т. д. На рис. 20 приведена фотография женщины, на которой своеобразный эксперимент этого рода осуществила сама природа: борода и другие мужские черты развились у нее в результате заболевания яичников и разрастания клеток семенника.

Сходные результаты можно получить введением гормональных препаратов, не прибегая к операции. На рис. 21 изображена девственная самка-обезьяна, у которой преждевременное развитие половых органов, молочных желез и материнского инстинкта было вызвано введением ей гормона гипофиза, или питуитарной железы. Эта ложная

скую свинку как своего детеныша. Но стоило ее кастрировать, как она потеряла к своей приемной дочери всякий интерес и равнодушно наблюдала, как та была убита другой обезьяной.

Эти и другие аналогичные опыты показали, что рассмотренный выше хромосомный механизм определения пола у млекопитающих фиксирует лишь первичные признаки пола — строение половых желез, в то время как вторичнополовые признаки фиксируются не необратимо и при особых, патологических или экспериментальных условиях могут претерпевать обратное развитие и превращаться в признаки противоположного пола. Решающую роль в этих превращениях играют половые гормоны, что отчасти и было показано на приведенных примерах.

Таким образом, двойственная природа мужского и женского пола заключается в том, что тот и другой содержат в себе тенденции, или элементы, обоих полов. С известным основанием можно сказать, что у человека и у животных не существует абсолютных, стопроцентных мужчин или самцов и таких же абсолютных женщин или самок. Разница между ними сводится к тому, что у нормальных представителей мужского пола мужская тенденция сильнее женской, у таких же представителей женского пола женская тенденция преобладает над мужской.

Двойственная природа пола отчетливо проявляется на всех стадиях жизни человека начиная с внутриутробного



Рис. 21. Девственная самка-обезьяна, воспитавшая приемную морскую свинку.

Половое созревание, материнский инстинкт и отделение молока были вызваны введением ей гормона гипофиза.

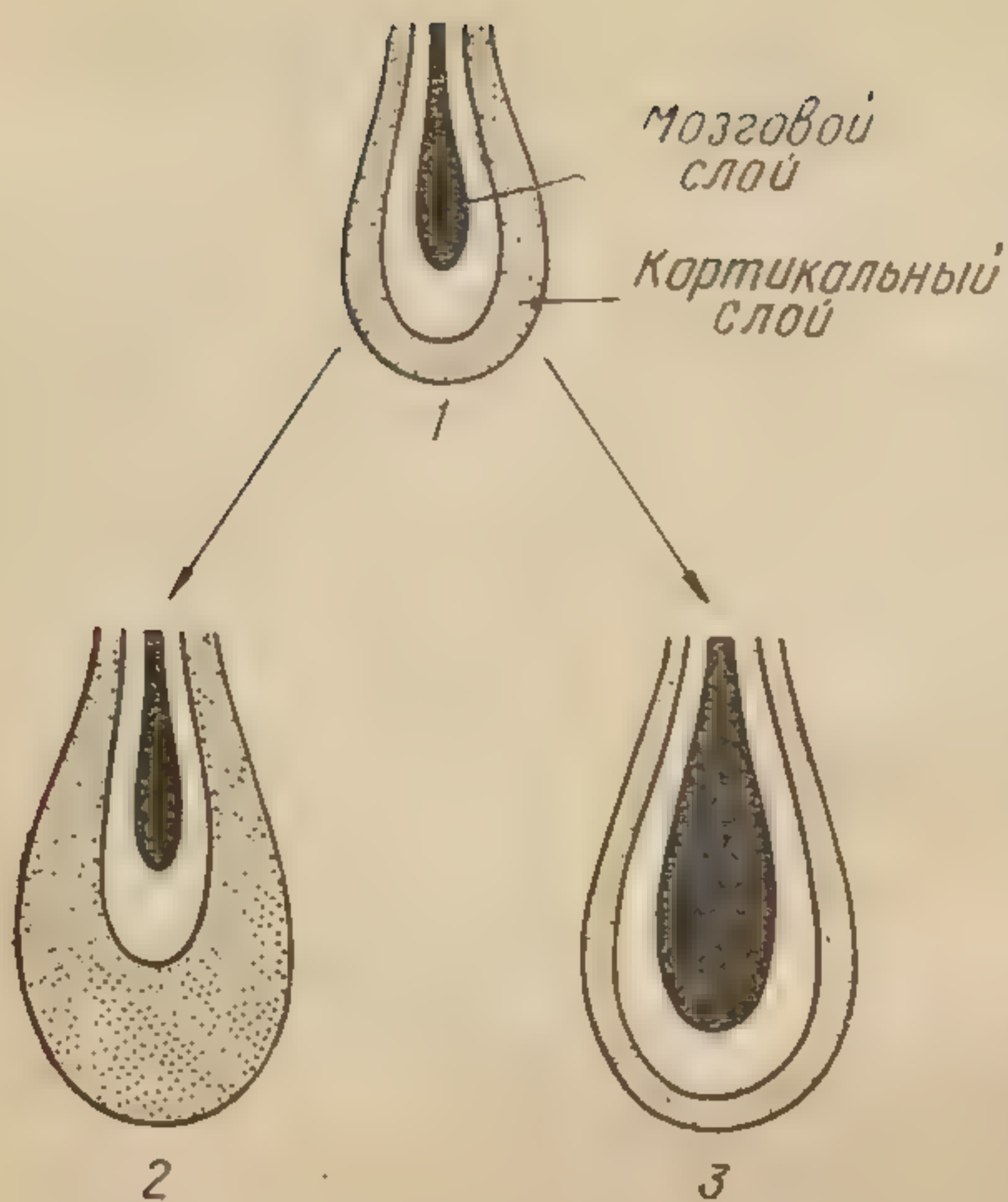


Рис. 22. «Нейтральная» стадия в развитии половых желез млекопитающих животных и человека.

1 — зачаточная половая железа; 2 — будущий яичник, который разовьется из кортикального слоя зачатка; 3 — будущий семенник, который разовьется из медуллярного отдела зачатка.

половые железы зародыша вступают в фазу видимой дифференцировки. У зародыша, клетки которого содержат по две X-хромосомы, преимущественное развитие получает кортикальный слой железы, из которого формируется яичник, и постепенно исчезает (дегенерирует) медуллярный отдел железы. У зародыша, клетки которого содержат X- и Y-хромосомы, наблюдается обратная картина: дегенерирует кортикальный слой нейтральной железы, а преимущественное развитие получает медуллярный слой, из которого образуется семенник.

На этой стадии развития по принципу двойного обеспе-

развития. В начальном периоде развития зародыша зачатки его половых желез проходят так называемую «нейтральную» стадию, когда в их строении нельзя обнаружить таких особенностей, на основании которых можно было бы сказать, что железа данного зародыша разовьется, скажем, в яичник, а не в семенник. На этой стадии развития половая железа состоит из двух отделов — внешнего, или так называемого кортикального, слоя и внутренней, или медуллярной, части (рис. 22).

Лишь миновав «нейтральную» стадию, по-

половых желез — яичников и семенников. Их дифференцировка идет по тому же принципу, как и дифференцировка половых желез. Важную роль в этих процессах играют гормоны яичников и семенников, регулирующие дальнейшую дифференциацию половых протоков, половых органов и других вторичнополовых признаков. У зародышей с двумя X-хромосомами из зачатков женских выводных протоков (так называемых Мюллеровых протоков) развиваются яйцеводы, матка и верхний отдел влагалища, а зачатки мужских протоков, за исключением некоторых рудиментов, дегенерируют. У зародышей же с X- и Y-хромосомами дегенерации подвергаются зачатки женских выводных протоков, а из зачатков мужских протоков (так называемых Вольфовых протоков) развиваются семявыносящие протоки (рис. 23).

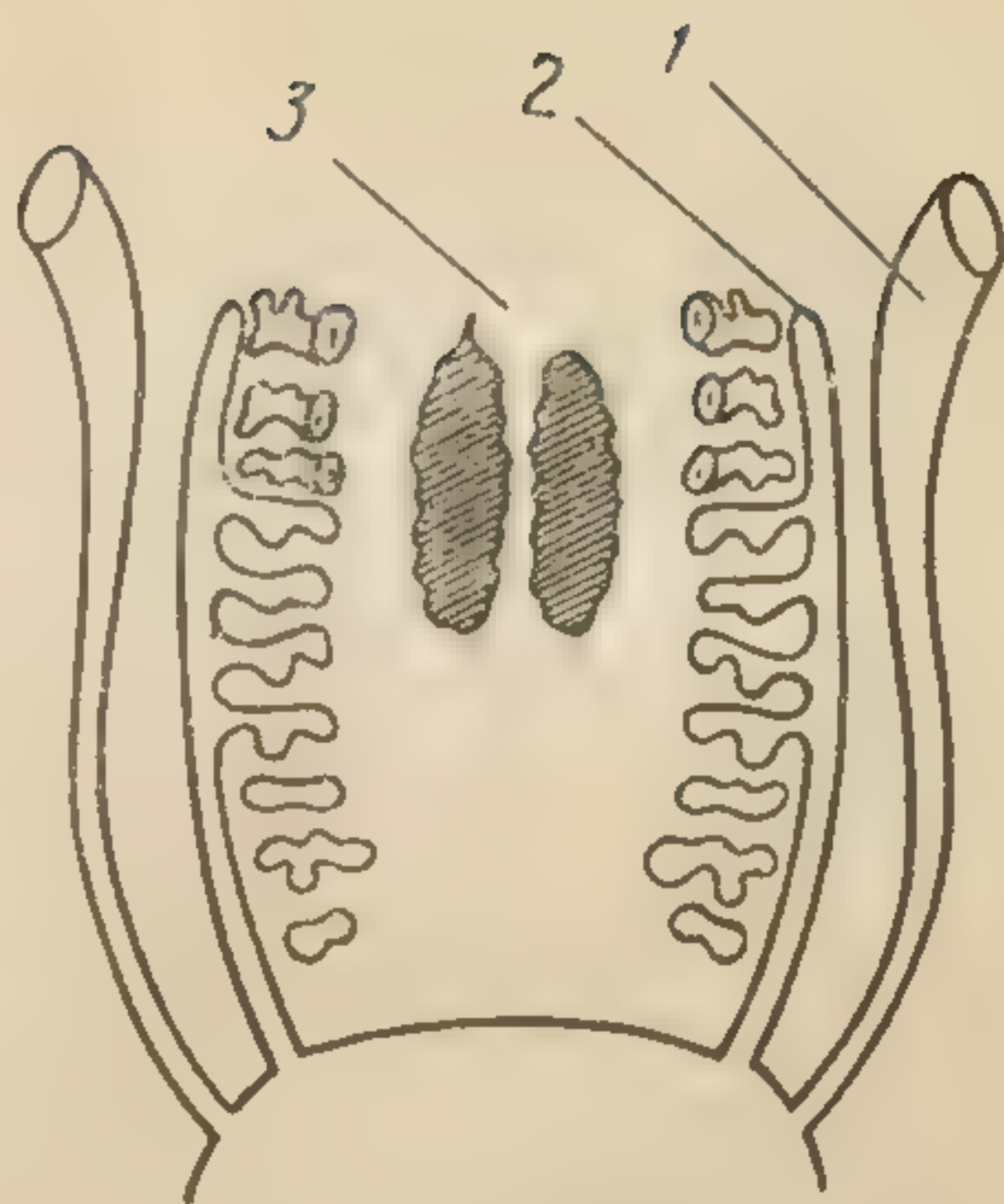


Рис. 23. «Нейтральная» стадия в развитии выводных протоков половых желез млекопитающих животных и человека.

1 — Мюллеровы протоки; 2 — Вольфовы протоки; 3 — половые железы. Объяснение в тексте.

Анатомическая двойственность пола, проявляющаяся во внутриутробном развитии, не устраняется полностью и во взрослом состоянии и у мужчин представлена зачатками органов женского пола, а у женщин — органами или их рудиментами мужского пола. У женщин таким органом является клитор, по своему происхождению и функции соответствующий пенису, у мужчин — зачаточные молочные железы и матка, по величине не превышающая зерна риса.

Таким образом, поскольку развитие зародышей протекает в значительной мере под влиянием половых гормонов, то не удивительно, что любое значительное нарушение

гормонального режима в процессе ли внутриутробного развития или во взрослом состоянии может повести к сдвигам в формировании вторичнополовых признаков в противоположном направлении. Некоторые примеры тому были приведены выше.

Гормональным влияниям подвержены также и упомянутые рудиментарные органы. Так, например, рак молочных желез у самцов особо к нему восприимчивых мышей представляет собой не столь редкое явление. Редкие случаи рака молочных желез описаны также у мужчин. Наконец, в некоторых патологических случаях сами молочные железы достигают у мужчин такого развития, что с косметической целью их приходится удалять оперативным путем.

* * *

Влияние половых гормонов на внешний облик и психику человека выражено настолько отчетливо, что его жизнь после рождения можно разделить на три достаточно четко обособленных периода, соответствующих функциональному состоянию половых желез: период первый — юность и незрелость половых желез; период второй — возмужалость, связанная с началом воспроизводительной активности половых желез; период третий — угасание этой функции. Созревание мужских половых клеток сопровождается выработкой мужских половых гормонов, созревание женских половых клеток — выработкой женских половых гормонов.

Однако сколь бы слаженно и четко ни работали гормональные механизмы мужчины и женщины, они не достигали бы своей цели, если бы не способствовали выполнению их основной биологической задачи — воспроизведению потомства. Для достижения этой цели под влиянием половых гормонов у представителей обоих полов в период полового созревания (так называемый пубертатный период) развивается ряд морфологических особенностей, или

вторичнополовых признаков, в совокупности представляющих собой тот «брачный наряд», в котором они становятся взаимно наиболее притягательными. Вторичнополовые признаки — это своего рода рекламные фирмы мужчины и женщины: через их посредство окружающие оповещаются о том, что молодые люди созрели для воспроизведения потомства, хотя их половые клетки и не видны, будучи укромно спрятаны внутри тела.

Самым очевидным и наиболее удивительным из всех половых различий переходного периода является более раннее — в среднем на два года — половое созревание девочек (11—14 лет) по сравнению с мальчиками (12—16 лет).

Наступление первой менструации служит показателем относительной зрелости матки, хотя, как правило, это не означает, что созревание воспроизводительной функции завершилось полностью. Первые менструальные циклы часто не сопровождаются выходом яйца из яичника. В течение года после первой менструации, а иногда и дольше наблюдается период относительного бесплодия.

Наступление периода половой зрелости сопровождается также глубокими изменениями психики человека, нашедшими многочисленные отражения в художественной литературе. Вот одно из таких описаний.

«Может быть, и читатели не знают, что за беда случилась вдруг с нашей героиней, чего она искала глазами в горнице, отчего вздыхала, плакала, грустила. Известно, что до сего времени веселилась она, как вольная пташка, что жизнь ее текла, как прозрачный ручеек стремится по беленьким камешкам между зланных, цветущих бережков; что же случилось с нею? Скромная Муза, поведай!

С небесного лазоревого свода, а может быть, откуда-нибудь и повыше, слетела, как маленькая птичка колибри, порхала, порхала по чистому весеннему воздуху и влетела в Натальино нежное сердце — потребность любить, любить, любить. Вот вся загадка; вот причина красавицыной грусти — и если она покажется кому-нибудь из читате-

лей не совсем понятно, то пусть требует он подробнейшего изъяснения от любезнейшей ему осьмнадцатилетней девушки.

С сего времени Наталья во многом переменилась — стала не так жива, не так резва — иногда задумывалась, — и хотя по-прежнему гуляла в саду и в поле, хотя по-прежнему проводила вечера с подругами, но не находила ни в чем прежнего удовольствия. Так человек, вышедший из лет детства, видит игрушки, которые составляли забаву его младенчества, — берется за них, хочет играть, но, чувствуя, что они уже не веселят его, оставляет их со вздохом.

...Она не понимала сердечных своих движений, не знала, как толковать сны свои, не разумела, чего желала, но живо чувствовала какой-то недостаток в душе своей и томилась. Так, красавицы, ваша жизнь с некоторых лет не может быть счастлива, если течет она, как уединенная река в пустыне, а без милого пастушка целый свет для вас пустыня, и веселые голоса подруг, веселые голоса птичек кажутся вам печальными отзвуками уединенной скуки.

Напрасно, обманывая самих себя, хотите вы пустоту души своей наполнить чувством девической дружбы, напрасно избираете лучшую из подруг своих в предмет нежных побуждений вашего сердца. Нет, красавицы, нет! Сердце ваше желает чего-то другого: оно хочет такого сердца, которое не приближалось бы к нему без сильного трепета, которое вместе с ним составляло бы одно чувство, нежное, страстное, пламенное» *.

Шиллеру приписывают афоризм: «Весь круговорот жизни поддерживается любовью и голодом». Однако в наиболее законченной и всеобъемлющей форме смысл этого афоризма позднее нашел выражение в основном труде Дарвина — «Происхождение видов», подзаголовок которого гласит: «Борьба за существование и выживание наиболее приспособленных».

78 * Н. М. Карамзин. Наталья, боярская дочь. — Избранные произведения. М., Детгиз, 1966.

* * *

Выше уже была отмечена тесная связь между физиологическим возрастом человека и функциональным состоянием половых желез и вырабатываемых ими половых гормонов. У женщин эта периодичность, или, точнее сказать, цикличность, идет гораздо дальше. Весь ее воспроизводительный период складывается из чередующихся циклов, ритм которых регулируют половые гормоны.

В течение юношеского возраста гипофиз продуцирует гормон роста, регулирующий общее развитие тела. С наступлением периода половой зрелости гипофиз переключается на выработку гормона, стимулирующего созревание яиц.

Во время созревания яйца окружающая его капсула, или фолликул, вырабатывает гормон фолликулин. Фолликулин относится к числу гормонов, обладающих чрезвычайно высокой активностью: один грамм препарата может в течение двух дней превратить 35 миллионов неполовозрелых мышей в половозрелых.

Ближайшим назначением фолликулина является сигнализация матке — подготовиться к принятию зародыша. Под влиянием фолликулина слизистая оболочка матки разрастается и превращается в губчатую подстилку, содержащую большое количество кровеносных сосудов. По состоянию матки можно безошибочно судить, содержит ли яичник созревающее яйцо и на какой стадии созревания оно находится.

Оплодотворение яйца происходит во время прохождения его по яйцеводу; у женщин яйцеводы носят название фаллопиевых труб. У женщины с правильным менструальным циклом выделение зрелого яйца из яичника происходит на 12-й день после окончания предшествующих месячных (рис. 24). Между 12—18-м днями яйцо странствует по яйцеводу. Оплодотворение яйца происходит именно в эти дни месячного цикла и в этом месте половых путей. На 79

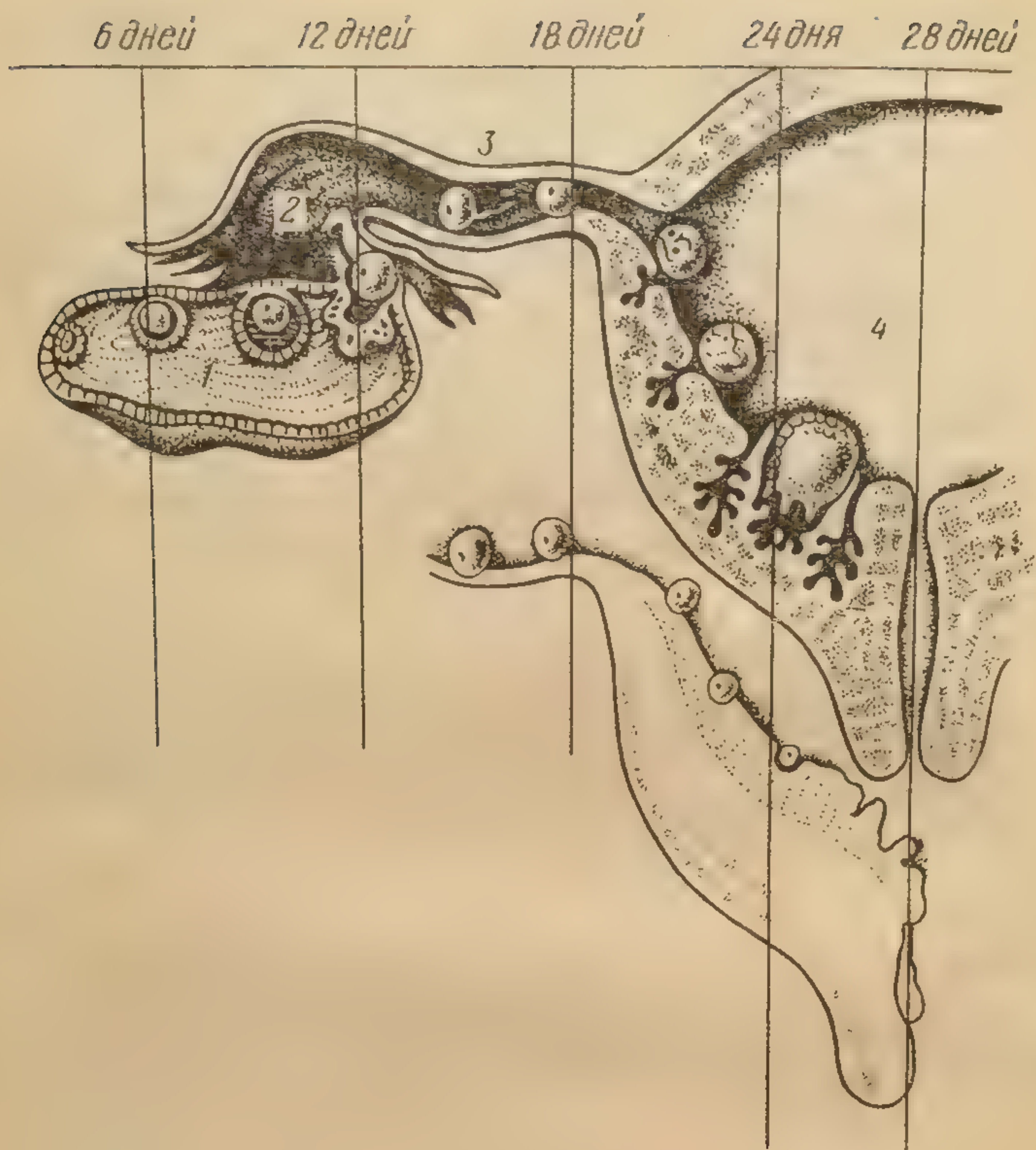


Рис. 24. Половые пути женщины и последовательные этапы месячного цикла.

1 — яичник; 2 — воронка яйцевода; 3 — яйцевод; 4 — матка. Вертикальные линии и цифры при них делят месячный цикл на этапы и показывают, в каком месте половых путей находится в данный момент яйцеклетка, когда происходит оплодотворение и внедрение зародыша в стенку матки.

20-й день яйцо достигает матки и, если оно оплодотворено, внедряется в ее стенку и продолжает развитие, начавшееся еще в яйцевом не мгновенно после оплодотворения.

Одновременно с этим в цикл включается гормон так называемого желтого тела, образовавшегося на месте лопнувшего фолликула, из которого незадолго перед тем освободилось созревшее яйцо. Гормон желтого тела влияет на образование и формирование плаценты. Если желтое тело разрушить, развитие зародыша в матке быстро прекращается.

Наконец, гипофиз, как центральный пункт, контролирующей функции яичников, в соответствующий момент получает уведомление о том, что матка занята внедрившимся в нее зародышем. Под влиянием этого импульса активность гипофиза незамедлительно переключается на противоположную, тормозящую созревание новых яиц на весь период беременности.

По мере роста зародыша растет и матка. В начале беременности ее размеры не превышают кулака женщины. В конце беременности она достигает размеров тыквы. Увеличение размеров матки осуществляется путем роста мышечных клеток. Число и размеры питающих плод кровеносных сосудов также увеличиваются, и в конце концов они окутывают матку густой сетью.

Если во время прохождения по яйцеводу яйцо осталось неоплодотворенным, оно погибает. В ожидании оплодотворенного яйца слизистая оболочка матки пребывает в состоянии готовности 10—12 дней, и, если оплодотворения не произошло, она спадается, разжижается и, отслаиваясь, отходит в виде кровянистого содержимого (месячных). Этот исход цикла изображен в нижней части рис. 24 светлыми контурами.

Яйца выделяются из яичников приблизительно через месячные интервалы. С такой же периодичностью повторяются вышеописанные циклы. Отсюда они получили название менструаций (от латинского слова мензис, что значит месяц).

В заключение настоящего раздела следует подчеркнуть, что пол — лишь одна из многочисленных биологических

особенностей организма, которая зависит от того или другого сочетания половых хромосом и по которой мы отличаем мужчину от женщины, мужское и женское начало в природе вообще.

С хромосомами связаны также зачатки всех наследственных признаков, делающих неповторимым каждого из трех с половиной миллиардов населяющих землю людей.* Все они произошли от слияния трех с половиной миллиардов яиц с таким же количеством сперматозоидов.

Общий объем хромосом в трех миллиардах человеческих сперматозоидов (в которых они занимают значительную часть) и в трех миллиардах яиц (в которых хромосомы составляют ничтожно малую долю объема — яйцо человека в 85 000 раз больше сперматозоида) не превышает по величине таблетки аспирина. В столь ничтожном объеме хромосомного вещества заключено самое ценное богатство человечества, а именно — само человечество.

* * *

В предыдущем изложении неоднократно было отмечено сходство различных сторон проявления жизни у самых разнообразных организмов. Это сходство выражается в едином плане их строения и строения составляющих их клеток, в сходстве зародышей и их развития и т. д.

Теперь мы с полным основанием можем прибавить к ним сходство в способе определения пола зародышей, общем для ряда столь разнообразных живых существ, на одном конце которого стоит мушка-дрозофила, а на другом — венец творения природы — человек.

* По данным демографического ежегодника ООН, население земного шара к середине 1970 г. составило 3,6 миллиарда человек. «Известия», 1970, 14 марта.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛА У БАБОЧЕК И ПТИЦ

Раздел об определении пола у бабочек и птиц следует начать с небольшого отступления. В самом деле, мы только что выяснили способ определения пола у дрозофилы и у животных вообще и подчеркнули его подкупающую простоту и широкую распространенность в мире животных.

И вот мы снова встречаемся с очередной загадкой природы, с новым усложнением интересующего нас вопроса. Оказывается, все сказанное выше об определении пола по типу дрозофилы правильно, но за одним исключением: этот тип определения пола является в природе не единственным, общим для всех организмов. Наряду с ним существует еще один способ, или тип, определения пола, впервые открытый у бабочек, а затем у птиц и в том числе у домашней курицы. По имени насекомого, на котором этот тип определения пола был открыт впервые, он и носит название типа бабочек. Рассмотрим его особенности и отличия от типа дрозофилы. В качестве объекта для описания процесса возьмем кур: с ними читатель, несомненно, знаком ближе, чем с бабочками; да и в дальнейшем нам еще неоднократно придется иметь с ними дело.

* * *

Итак, в чем заключается отличие механизма определения пола у птиц и у дрозофилы?

У дрозофилы, как и у всех животных, самцы продуцируют два типа сперматозоидов — с X- или Y-хромосомой, и в этом смысле они играют решающую роль в определении пола будущих зародышей. У самок же образуется один тип яиц — с X-хромосомой.

У бабочек и птиц эти отношения диаметрально противоположны: у них привилегия продуцировать два типа половых клеток принадлежит самкам, вследствие чего половина откладываемых ими яиц (на самок) содержит одну

половую хромосому, и половина яиц (на самцов) содержит другую, несходную с первой половую хромосому. У самцов же бабочек и птиц образуется один тип сперматозоидов. Следовательно, женский пол у них гетерогаметен, а мужской пол гомогаметен.

Что касается делений созревания яиц и сперматозоидов, то они и здесь протекают так же, как это было описано выше для дрозофилы и человека: первое из них, или собственно редукционное, деление протекает по типу мейоза, и второе, или эквационное, — по типу митоза.

Для того чтобы подчеркнуть разницу в способах определения пола у дрозофилы и у животных, с одной стороны, и у бабочек и птиц, с другой, половые хромосомы последних иногда обозначают другими буквами, а именно — Z и W. Согласно этой системе, половые хромосомы самца обозначают буквами ZZ, а половые хромосомы самки — ZW. Соответственно этому продуцируемый петухом один тип сперматозоидов обозначают буквой Z, а продуцируемые курицей два типа яиц — буквами Z (на самцов) и W (на самок).

Однако, следуя имеющимся в литературе прецедентам*, мы отступим от этого правила и в дальнейшем будем придерживаться единой системы обозначения половых хромосом, независимо от того, идет ли речь об определении пола по типу дрозофилы или по типу бабочек и птиц. Дело заключается не в том, какими буквами обозначать половые хромосомы двух сравниваемых групп организмов; важнее помнить, что в отличие от дрозофилы, у которой гетерогаметен мужской пол, у бабочек и птиц гетерогаметен женский пол и что у них пол зародышей устанавли-

* E. W. Sinnott, L. C. Dunn, Th. Dobzhansky. Principles of genetics. Fifth edition. New York, McGraw-Hill Book Co., 1958.

Ursula Mittwoch. Sex chromosomes. New York and London, Academic Press, 1967, p. 12.

вается в процессе созревания яиц, т. е. еще до оплодотворения. В то же время единая система обозначения половых хромосом для всех представителей мира животных, за исключением отмеченной полярности способов определения пола, несомненно, способствует более целостному и ясному их пониманию.

Поэтому яйца бабочек и птиц на самцов мы будем обозначать в дальнейшем буквой Х, а яйца на самок — буквой У. Что касается сперматозоидов, то здесь они одного типа; их мы будем обозначать буквой Х. Процесс сперматогенеза и овогенеза у бабочек и птиц протекает точно так же, как и у дрозофилы (см. рис. 14).

Дальнейшие детали процесса определения пола у бабочек и птиц столь же просты, как и у дрозофилы, и сводятся к следующему. Если зрелое яйцо, например, курицы содержит Х-хромосому, то из него после оплодотворения Х-сперматозоидом разовьется петушок (ХХ). Если же яйцо содержит У-хромосому, то из него после оплодотворения (таким же сперматозоидом — у петухов все они одинаковы) разовьется курочка (ХУ) (рис. 25).

В соответствии с полярностью механизмов определения пола у дрозофилы и у птиц по-разному представляются и результаты оплодотворения. В самом деле, у дрозофилы, как мы видели, пол зародыша определяется в момент оплодотворения и в каждом отдельном случае зависит от сочетания половых хромосом в оплодотворенном яйце. В отличие от дрозофилы у бабочек и птиц оплодотворение яйца, образно выражаясь, лишь дает толчок развитию зародыша того пола, который уже заложен в нем в процессе созревания. Таким образом, каждому куриному яйцу в буквальном смысле слова «написано на роду» развиваться в цыпленка именно того, а не противоположного пола.

Необходимо также иметь в виду, что в клетках птиц и бабочек, как и у всех организмов, кроме половых хромосом, содержатся и наборы аутосом. Диплоидное число хромосом у курицы равно 78. Соответственно этому половина

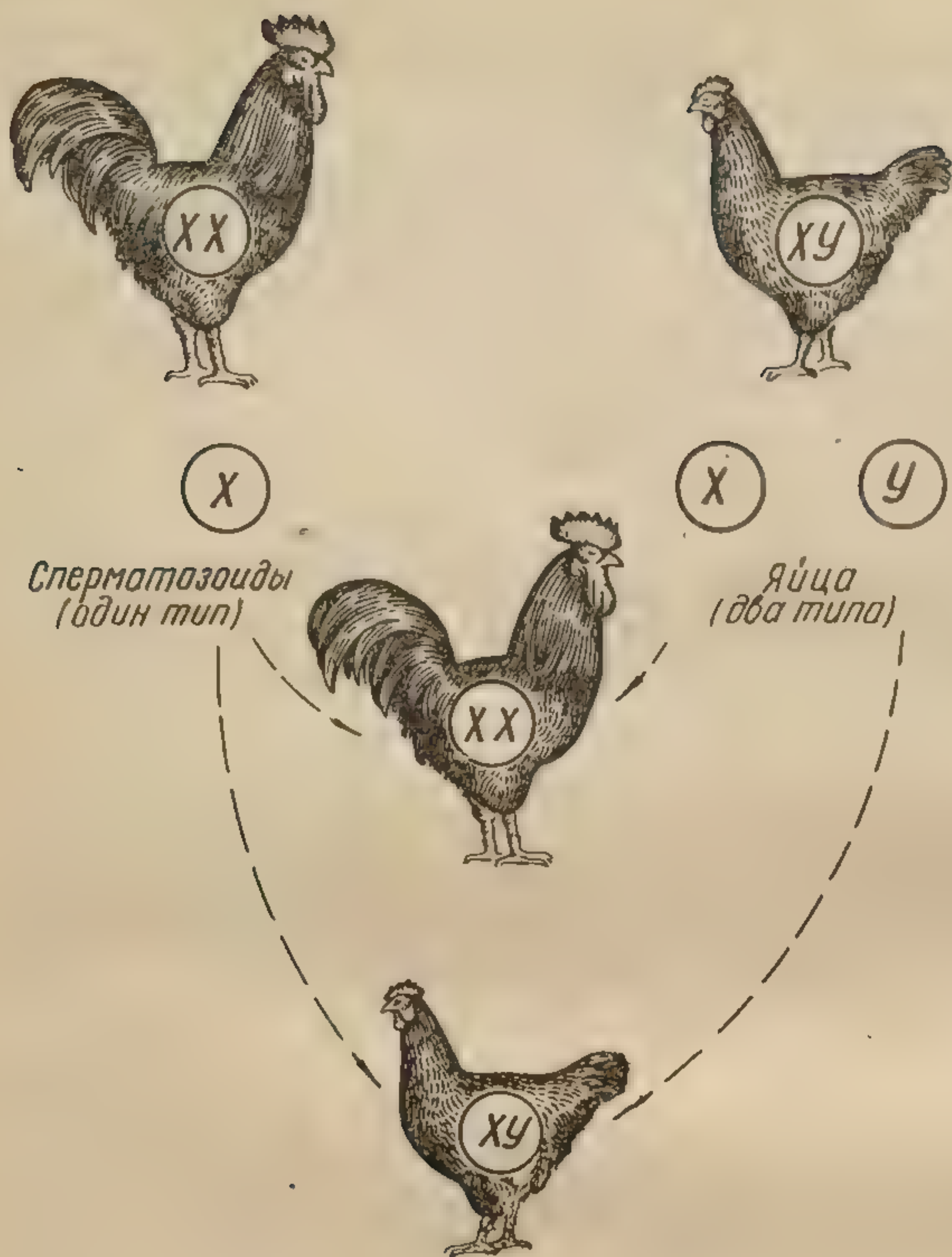


Рис. 25. Определение пола у кур.

Вверху изображены петух и курица, в кружках — их половые хромосомы и образующиеся у кур яйца двух типов (на курочек и петушков) и один тип сперматозоидов у петуха. Аутосомы на рисунке не представлены.

яиц курицы содержит X-хромосому и 38 аутосом ($X+38$) и половина яиц — Y-хромосому и столько же аутосом ($Y+38$). Сперматозоиды петуха все одинаковы — они содержат X-хромосому и 38 аутосом ($X+38$).

К сказанному выше об определении пола у кур необходимо сделать следующую оговорку. Дело в том, что ввиду наличия у курицы большого числа очень мелких хромосом и трудностей их подсчета и идентификации вопрос о наличии у нее У-хромосомы до сих пор окончательно не решен, и возможно, что ее здесь нет вообще.

Если в будущем это окажется справедливым, то все сказанное выше об определении пола у кур останется в силе, за тем исключением, что состав половых хромосом курицы нужно будет обозначать как ХО, а продуцируемые ею два типа яиц соответственно как $X+38$ и $O+38$. Общее же число хромосом будет при этом условии на единицу меньше, т. е. 77. Обозначения половых хромосом петуха и продуцируемых им сперматозоидов останутся теми же, а диплоидное число хромосом у петуха — на единицу больше, чем у курицы.

Диплоидное число хромосом у бабочек и в том числе у шелкопряда (см. главу IV) равно 56.

ЧИСЛЕННОЕ РАВЕНСТВО ПОЛОВ В ПРИРОДЕ

В жизни мы нередко наблюдаем, что у некоторых супружеских пар рождаются только мальчики или только девочки. Подобные случаи на первый взгляд могут показаться противоречащими теории определения пола, о которой здесь идет речь. Однако это противоречие лишь кажущееся. В действительности здесь, как и всегда в подобных случаях, на сцену выступают так называемые законы больших чисел. Не входя в рассмотрение математической стороны этих закономерностей, ограничимся некоторыми общими замечаниями.

Выше было уже отмечено, что численное отношение особей мужского и женского пола у той или иной пары родителей будет тем ближе соответствовать идеальному равенству 1 : 1, чем более многочисленное потомство они произведут.

В самом деле, наличие в семье двоих детей одного пола, т. е. двух девочек или мальчиков, представляет собой настолько частое явление, что не привлекает к себе внимания: во всех таких случаях число детей слишком мало, чтобы ожидать, что после первой же девочки родится мальчик или наоборот.

Рождение в семье 5—6 детей одного пола уже не остается незамеченным. Вместе с тем, вероятно, каждый обращал внимание на то, что чем дальше такой случай уклоняется от нормального соотношения полов, тем реже он встречается в природе и в окружающем нас обществе.

Сказанное можно пояснить и легко проверить следующим простейшим опытом. Положим в один мешочек 100 трехкопеечных монет, а в другой мешочек — в несколько раз бóльшие количества десятикопеечных и двухкопеечных монет, поровну тех и других, и тщательно их перемешаем. Десятикопеечные и двухкопеечные монеты мы берем намеренно, так как они одинаковы по величине и на ощупь неотличимы. Трехкопеечные монеты условимся считать яйцами, десятикопеечные — сперматозоидами с X-хромосомой, а двухкопеечные — сперматозоидами с Y-хромосомой; сочетание трех- и десятикопеечной монет приравняем самке, а сочетание трех- и двухкопеечной — самцу.

Будем теперь одной рукой брать по одной трехкопеечной монете из одного мешочка, а другой рукой — тоже по одной монете из другого мешочка и вынутые монеты раскладывать попарно, соответственно их принятому условному значению. Понятно, что после ста изъятий все трехкопеечные монеты в первом мешочке будут исчерпаны. В сумме столько же двух- и десятикопеечных монет будет изъято и из второго мешочка.

Просуммировав теперь результаты опыта, увидим, что около 50 трехкопеечных монет окажутся в сочетании с десятикопеечными (комбинации, которые по условию опыта соответствуют самкам) и приблизительно столько же

88 трехкопеечных монет — с двухкопеечными (комбинации,

которые соответствуют самцам). То же самое имеет место и в природе, в процессе оплодотворения.

На основании сказанного становится понятным, почему число самцов и самок любого вида животных, мужчин и женщин у человека всегда приблизительно одинаково, а соотношение самцов и самок от данной пары родителей будет тем ближе соответствовать соотношению 1 : 1, чем более многочисленное потомство они произведут.

В опыте с монетами, который условно принят соответствующим рождению сотни потомков от одной пары родителей, мы допускали, что численное соотношение самцов и самок будет достаточно близко соответствовать отношению 1 : 1.

Однако сказанное не следует понимать так, что именно это или очень близкое к нему соотношение особей обоих полов осуществляется всегда, будь то опыт с монетами или случай, взятый непосредственно из природы. В этом легко убедиться, повторив опыт с монетами несколько раз. Оказывается, что даже и при этом идеальном условии отношение комбинаций мужского и женского пола будет варьировать в некоторых определенных границах. Самое же примечательное заключается в том, что чем больше соотношение особей мужского и женского пола будет уклоняться от идеального (например, 10 самцов и 90 самок вместо 50 самцов и 50 самок), тем реже оно будет встречаться в действительности. Напротив, чем ближе оно к идеальному соотношению 1 : 1, тем чаще наблюдается как в опыте с монетами, так и в окружающей нас природе и в обществе.

Не менее убедительные результаты дает статистика рождаемости. Подсчет за достаточно длительный промежуток времени по таким крупным административным единицам, как область или государство, неизменно показывает, что число родившихся мальчиков и девочек всегда близко отношению 1 : 1 или 100 : 100.

Таблица 1. Численность самок и самцов в отдельных пометах

	Численность мыш						
	1	2	3	4	5	6	7
Самки : самцы; число помётов	1:0; 1	2:0; 3	3:0; 5	4:0; 6	5:0; 1	6:0; 1	7:0; 1
	0:1; 3	1:1; 17	2:1; 21	3:1; 19	4:1; 15	5:1; 6	6:1; 1
		0:2; 6	1:2; 24	2:2; 53	3:2; 45	4:2; 25	5:2; 15
			0:3; 8	1:3; 23	2:3; 33	3:3; 51	4:3; 55
				0:4; 4	1:4; 16	2:4; 26	3:4; 31
					0:5; 2	1:5; 16	2:5; 21
						0:6; 0	1:6; 12
							0:7; 0
Пометы	4	26	58	105	112	125	144
Мыши	4	52	174	420	560	750	1008
Самки							
Самцы							

В этой связи поучительно рассмотреть табл. 1. В этой таблице приведены данные о 814 пометах мышей одной породы * с общим числом мышей, равным 5111, и о соотношении самок и самцов как в данной совокупности мышей

* Речь идет о мышах линии CC57BR.

и в выборке в целом у мышей CC57BR

в пометах							Рез.
8	9	10	11	12	13	14	
8:0; 0	9:0; 0	10:0; 0	11:0; 0	12:0; 0	13:0; 0	14:0; 0	
7:1; 1	8:1; 1	9:1; 0	10:1; 0	11:1; 0	12:1; 0	13:1; 0	
6:2; 10	7:2; 2	8:2; 2	9:2; 0	10:2; 0	11:2; 0	12:2; 0	
5:3; 17	6:3; 13	7:3; 1	8:3; 1	9:3; 1	10:3; 0	11:3; 0	
4:4; 46	5:4; 22	6:4; 3	7:4; 2	8:4; 0	9:4; 0	10:4; 0	
3:5; 26	4:5; 18	5:5; 10	6:5; 5	7:5; 3	8:5; 0	9:5; 0	
2:6; 8	3:6; 10	4:6; 4	5:6; 1	6:6; 1	7:6; 0	8:6; 1	
1:7; 3	2:7; 9	3:7; 4	4:7; 3	5:7; 1	6:7; 0	7:7; 0	
0:8; 0	1:8; 2	2:8; 1	3:8; 0	4:8; 2	5:8; 0	6:8; 0	
	0:9; 0	1:9; 0	2:9; 2	3:9; 1	4:9; 0	5:9; 0	
		0:10; 0	1:10; 0	2:10; 0	3:10; 0	4:10; 0	
			0:11; 0	1:11; 0	2:11; 0	3:11; 0	
				0:12; 0	1:12; 0	2:12; 0	
					0:13; 0	1:13; 0	
						0:14; 0	
111	77	25	14	12	0	1	814
888	693	250	154	144	0	14	5111
							2462
							2649

в целом, так и в группах с одинаковым числом мышей в пометах.

Из табл. 1 прежде всего видно, что число мышей в пометах варьирует от 1 до 14. Чаще всего рождались пометы, в которых было по 7 мышей (см. предпоследнюю горизонтальную линию).

Таблица 1. Численность самок и самцов в отдельных пометах

	Численность мышей						
	1	2	3	4	5	6	7
Самки : самцы; число пометов	1:0; 1	2:0; 3	3:0; 5	4:0; 6	5:0; 1	6:0; 1	7:0; 1
	0:1; 3	1:1; 17	2:1; 21	3:1; 19	4:1; 15	5:1; 6	6:1; 3
		0:2; 6	1:2; 21	2:2; 53	3:2; 45	4:2; 25	5:2; 15
			0:3; 8	1:3; 23	2:3; 33	3:3; 51	4:3; 55
				0:4; 4	1:4; 16	2:4; 26	3:4; 34
					0:5; 2	1:5; 16	2:5; 21
						0:6; 0	1:6; 12
							0:7; 0
Пометы	4	26	58	105	112	125	114
Мыши	4	52	174	420	560	750	1008
Самки							
Самцы							

В этой связи поучительно рассмотреть табл. 1. В этой таблице приведены данные о 814 пометах мышей одной породы * с общим числом мышей, равным 5111, и о соотношении самок и самцов как в данной совокупности мышей

и в выборке в целом у мышей CC57BR

в пометах							Всего
8	9	10	11	12	13	14	
8:0; 0	9:0; 0	10:0; 0	11:0; 0	12:0; 0	13:0; 0	14:0; 0	
7:1; 1	8:1; 1	9:1; 0	10:1; 0	11:1; 0	12:1; 0	13:1; 0	
6:2; 10	7:2; 2	8:2; 2	9:2; 0	10:2; 0	11:2; 0	12:2; 0	
5:3; 17	6:3; 13	7:3; 1	8:3; 1	9:3; 1	10:3; 0	11:3; 0	
4:4; 46	5:4; 22	6:4; 3	7:4; 2	8:4; 0	9:4; 0	10:4; 0	
3:5; 26	4:5; 18	5:5; 10	6:5; 5	7:5; 3	8:5; 0	9:5; 0	
2:6; 8	3:6; 10	4:6; 4	5:6; 1	6:6; 4	7:6; 0	8:6; 1	
1:7; 3	2:7; 9	3:7; 4	4:7; 3	5:7; 1	6:7; 0	7:7; 0	
0:8; 0	1:8; 2	2:8; 1	3:8; 0	4:8; 2	5:8; 0	6:8; 0	
	0:9; 0	1:9; 0	2:9; 2	3:9; 1	4:9; 0	5:9; 0	
		0:10; 0	1:10; 0	2:10; 0	3:10; 0	4:10; 0	
			0:11; 0	1:11; 0	2:11; 0	3:11; 0	
				0:12; 0	1:12; 0	2:12; 0	
					0:13; 0	1:13; 0	
						0:14; 0	
111	77	25	14	12	0	1	814
888	693	250	154	144	0	14	5111
							2162
							2619

в целом, так и в группах с одинаковым числом мышей в пометах.

Из табл. 1 прежде всего видно, что число мышей в пометах варьирует от 1 до 14. Чаще всего рождались пометы, в которых было по 7 мышей (см. предпоследнюю гори-

зонтальную графу таблицы). Таких пометов было 144 из 814. Частота пометов с числом мышей, меньшим или бóльшим семи, постепенно падает, причем падение идет тем быстрее, чем дальше число мышей в пометах отстоит от его наиболее частого значения (т. е. с семью мышами в помете). Что же касается суммарного отношения самок и самцов, то в данной выборке оно оказалось равным $2462 : 2649$, т. е. лишь незначительно уклоняющимся от идеального в сторону небольшого преобладания самцов, о чем подробнее будет сказано ниже.

Такая же закономерность наблюдается и в том случае, если все 814 пометов разбить по признаку равного числа мышей в пометах и частоту пометов с разным соотношением самок и самцов проследить в каждой группе в отдельности. Для примера рассмотрим группу с восемью мышами в помете. Возможные для нее девять случаев соотношений самок и самцов и соответствующие в выборке частоты выражаются двумя следующими рядами значений:

Отношение самок к сам- цам	8 : 0	7 : 1	6 : 2	5 : 3	4 : 4	3 : 5	2 : 6	1 : 7	0 : 8
Число поме- тов	0	1	10	17	46	26	8	3	0

В этой группе на класс с идеальным соотношением полов (4 : 4) теоретически должно приходиться наибольшее число пометов. Так оно и наблюдалось в действительности: из 111 пометов этой группы 46 приходится на долю тех, в которых соотношение самок и самцов равно 4 : 4. Частота же пометов с соотношением полов, уклоняющимся от идеального, падает в обе стороны от последнего с той же закономерностью, как и в рассмотренном выше случае падения числа мышей в пометах в сторону плюс и минус от наиболее частого значения.

Сказанное справедливо и в отношении всех других групп табл. 1 с той разницей, что в группах с четным чис-

лом мышей в пометах максимальные их значения снова приходятся на классы с идеальным соотношением самок и самцов ($1:1$, $2:2$, $3:3$, $5:5$ и т. д.), в то время как в группах с нечетным числом мышей, в которых идеальное соотношение полов неосуществимо, наибольшие частоты падают на те два соседних класса, в которых соотношения самок и самцов максимально приближаются к идеальным, уклоняясь от них в сторону плюс и минус примерно на одинаковую величину. Таковы пометы с соотношениями самок и самцов, равными $2:1$ или $1:2$, $3:2$ или $2:3$ и т. д.

При обсуждении вопроса о численном равенстве особей мужского и женского пола в природе и в человеческом обществе мы до сих пор исходили из предположения, что теоретически оно должно быть равным $100:100$. Иначе говоря, на каждые 100 особей женского пола должно приходиться столько же особей мужского пола. В основе этого предположения лежит тот механизм определения пола, который, как мы допускали, создает равновероятные возможности возникновения женских и мужских зародышей в процессе оплодотворения.

В это представление теперь мы должны внести поправку, смысл которой сводится к тому, что на большом статистическом материале идеальное соотношение самок и самцов у животных, девочек и мальчиков у человека почти всегда смещено в сторону небольшого преобладания особей мужского пола.

Поэтому сейчас нам необходимо рассмотреть те обязательные условия, при которых могло бы осуществиться равенство полов, например, в момент рождения, в точности соответствующее идеальному соотношению $100:100$. Эти условия следующие.

1. Особи гетерогаметного пола должны поровну продуцировать гаметы, определяющие мужской и женский пол.
2. Гаметы обоих типов, т. е. с X- и Y-хромосомой, при всех условиях должны обладать одинаковой жизнеспособностью и способностью к оплодотворению.

3. Особи обоих полов должны быть одинаково жизнеспособны. Применительно к взятому нами моменту в жизненном цикле это означало бы, что мужские и женские зародыши должны быть одинаково жизнеспособны в период внутриутробного развития у млекопитающих и в период внеутробного развития, когда оно протекает вне тела матери, т. е. у птиц, насекомых, земноводных и т. д.

4. Число особей, по которым определяют соотношение полов, должно быть достаточно большим, максимально исключающим влияние случайных причин.

Отметим сразу же, что достоверными доказательствами избыточной продукции гамет, определяющих тот или другой пол, или различий в их жизнеспособности и способности к оплодотворению (пункты 1—2) наука пока не располагает. Что же касается различной жизнеспособности мужских и женских зародышей в эмбриональном периоде развития (пункт 3), то по этому вопросу накоплены обширные данные, к краткому рассмотрению которых мы сейчас и перейдем.

Для удобства изучения численного соотношения мужских и женских особей на протяжении жизненного цикла в нем принято различать три следующих основных момента.

1. Зачатие, т. е. самое начало возникновения зародышей и соответствующее ему первичное соотношение полов.

2. Рождение (или вылупление) зародышей, которому соответствует вторичное соотношение полов. У человека его принято обозначать числом родившихся мальчиков на каждые 100 девочек.

3. Наступление периода половой зрелости и воспроизведения потомства и соответствующее этому возрасту третичное соотношение полов. Третичное соотношение полов для человека может быть определено для любого произвольно взятого возраста. Однако, как правило, его относят именно к началу периода возмужалости. Его можно
94 было бы определить также и для домашних животных

любого вида, если бы всех их оставляли в живых до естественной смерти.

Обратимся теперь к статистике. В медицинской и демографической литературе накоплены обширные данные, вскрывшие две важные особенности в этом вопросе. Во-первых, оказалось, что мальчиков всегда рождается больше, чем девочек, благодаря чему показатель вторичного соотношения для мальчиков почти во всех странах превышает 100, и, во-вторых, что гибель плодов мужского пола в период эмбрионального развития превышает гибель плодов женского пола.

Применительно к животным и человеку под соотношением полов обычно подразумевают вторичное их соотношение, т. е. соотношение в момент рождения. Для человека оно в разных странах различно, но, как правило, варьирует в пределах от 103 до 110 мальчиков на 100 девочек. У большинства млекопитающих животных также наблюдается некоторый избыток самцов среди новорожденных.

Далее было найдено, что эмбриональный период развития оказался не единственным, во время которого мужские зародыши отмирают чаще женских. В настоящее время, по-видимому, можно считать достаточно прочно установленным, что женские особи большинства млекопитающих, в том числе и человека, жизнеспособнее мужских в течение всей жизни и после рождения. По имеющимся статистическим данным, среди людей в возрасте от 65 до 75 лет мужчин на 20% меньше (40 : 60), чем женщин, а в возрасте старше 85 лет эта разница достигает 45% (28 : 73). Эти цифры дали повод одному американскому исследователю сделать следующее, не лишнее юмора замечание: «Отсюда понятно, почему страховые компании выплачивают женщинам меньшую ренту, чем мужчинам, почему в большинстве крупнейших индустриальных компаний нашей страны царит финансовый матриархат и почему на кораблях, совершающих экскурсионные путешествия, так много богатых вдов».

Исходя из сказанного, приходится сделать не лишнее оснований предположение, что вторичное соотношение полов, т. е. в момент рождения, лишь частично отражает их неравенство в момент зачатия и что в самом начале возникновения соотношение мужских и женских зародышей, возможно, сдвинуто еще больше в пользу первых. Другими словами, не исключено, что в половых путях самок млекопитающих и женщин создаются какие-то условия, при которых сперматозонды с У-хромосомой скорее достигают яиц и оплодотворяют их. Очевидно, что ясность в этот вопрос могло бы внести определение пола зародышей на самой ранней стадии их возникновения, т. е. первичное соотношение полов. Возникает вопрос, как это сделать?

Первичное соотношение полов сравнительно легко можно определить у организмов с внеутробным развитием зародышей, и исследования этого рода чаще всего предпринимались на курах. У некоторых кур все отложенные в течение сезона яйца бывают оплодотворены, и из каждого яйца вылупляется цыпленок. Следовательно, во всех таких случаях смертность зародышей в период эмбрионального развития полностью исключена, и численное соотношение вылупившихся курочек и петушков отражает истинное соотношение тех двух типов гамет (в данном случае яиц с X- или Y-хромосомами), которые привели к их возникновению.

У млекопитающих животных и у человека определение первичного соотношения полов — задача гораздо более трудная, связанная с необходимостью выяснения смертности плодов мужского и женского пола в период внутриутробного развития. Для этой цели определяют пол всех абортированных и мертворожденных зародышей. На основании полученных таким путем данных было вычислено, что первичное соотношение полов у человека достигает 125 : 100, т. е. на 100 зародышей женского пола приходится до 125 зародышей мужского пола.

Сходная картина наблюдается у всех исследованных

млекопитающих животных, у кур и т. д., а у некоторых животных, например у свиней, первичное соотношение полов сдвинуто в сторону преобладания зародышей мужского пола еще больше. При этом оказалось, что на самых ранних стадиях развития, когда зародыши еще очень малы, доля погибающих самцов особенно велика. По мере развития эмбрионов и увеличения их веса процент отмирающих мужских зародышей постепенно уменьшается.

Для объяснения дифференциальной смертности мужских и женских зародышей было высказано несколько предположений. Из них наиболее распространены два. Согласно одному из них, сперматозоиды с У-хромосомой легче сперматозоидов с Х-хромосомой; поэтому они скорее достигают яиц и оплодотворяют их чаще, чем Х-сперматозоиды.

Согласно другому предположению, повышенная смертность мужских зародышей обязана влиянию неблагоприятных наследственных факторов, сцепленных с Х-хромосомой.

Однако обе эти точки зрения не свободны от недостатков. В самом деле, скорость передвижения сперматозоидов зависит не только от активности их самих, но и от сокращения мускулатуры женских половых путей и от мерцательных движений ресничек яйцеводов.

Равным образом, если бы повышенная смертность мужских зародышей зависела только от неблагоприятных влияний сцепленных с полом наследственных зачатков, то, казалось бы, она не должна иметь места у организмов с гомогаметным мужским полом, у которых образуется только один тип сперматозоидов. Между тем наблюдения показывают, что у этих организмов, в том числе и у кур, на которых этот вопрос выяснен наиболее подробно, смертность петушков также превышает смертность курочек.

Таким образом, повышенная смертность особей мужского пола, свойственная большинству, если не всем представителям животного мира, связана с какими-то пока не-

достаточно ясными биологическими особенностями этого пола, имеющими определенное селективное значение в эволюции и процветании вида. Сейчас мы можем строить о них лишь догадки, но несомненно, что преобладание особей мужского пола в момент зачатия и рождения имеет важное приспособительное значение, компенсирующее их меньшую жизнеспособность и обеспечивающее численное равенство полов именно ко времени половой зрелости (третичное соотношение). У всех млекопитающих мужской пол составляет активную часть вида, вследствие чего гибель самцов в борьбе за существование от случайных причин гораздо выше гибели самок.

В полном соответствии с вышесказанным находятся данные табл. 1, в которой приведено численное соотношение самок и самцов в рассмотренной выборке мышей. Как видно из этой таблицы, в нее вошли 814 пометов с общим числом мышей, равным 5111. Из них самцов было 2649, самок 2462. Соотношение самцов и самок, равное 107 : 100, как нельзя лучше подтверждает только что рассмотренную общую закономерность.

В заключение стоит упомянуть о двух исключительных родословных у человека, потомство которых в нескольких поколениях состояло из представителей одного пола. Одна из этих родословных (Англия) за десять поколений (около 250 лет, начиная с начала XVII в.) включала 35 потомков, из коих 33 были мальчики. Правда, в 10-м поколении родились две девочки, но одна из них обладала некоторыми мужскими чертами и, возможно, была гермафродитом, другая же умерла рано, и о ней ничего примечательного не известно. Другая родословная (Франция) за три поколения объединяла 72 потомка; все они были девочками, за что и вся семья в целом в шутку была прозвана «женским батальоном».

Понятно, что обе эти родословные нельзя истолковать как случайные отклонения от ожидаемого равенства полов, о чем речь шла выше, они требуют иного объяснения.

О причи
чек в эт
нные де
ввиду их
животны
известны
мы такж
сложнос
нению н
стей явл

В за
к тем су
вочек ил
семейным
случаях
мую нест
па, налич
ло бы ша

Выше
достоверн
статочной
или друг
и способ
тацию к
ном отно
нельзя ни

Сказа
учесть, чт
речь идет
пола, рож
шеприведе

С друг
лагать, чт
речь, знач
падает на
забывать,

О причинах рождения только мальчиков или только девочек в этих родословных можно высказывать лишь те или иные догадки, на которых мы не можем останавливаться ввиду их сложности. Что же касается представителей мира животных, то у некоторых из них подобные случаи хорошо известны и изучены достаточно подробно. Однако на них мы также останавливаться не будем как по причине их сложности, так и потому, что наша задача сводится к выяснению не исключительных случаев, а общих закономерностей явления.

В заключение настоящего раздела вернемся еще раз к тем супружеским парам, у которых рождение только девочек или только мальчиков приводит иногда к серьезным семейным конфликтам. «Обвиняемой» стороной в таких случаях чаще оказываются мужчины за их предполагаемую неспособность продуцировать сперматозоиды того типа, наличие которого в семенной жидкости уравнивало бы шансы рождения детей обоих полов.

Выше уже было отмечено, что наука не располагает достоверными доказательствами избыточной (или недостаточной) продукции сперматозоидов, определяющих тот или другой пол, или различий в их жизнеспособности и способности к оплодотворению. Следовательно, аргументацию к предполагаемой неполноценности мужчин в данном отношении при современном состоянии этого вопроса нельзя ни доказать, ни опровергнуть.

Сказанное приобретает тем большее основание, если учесть, что в большинстве таких «конфликтных» случаев речь идет о сравнительно небольшом числе детей одного пола, рождение которых можно истолковать на основе вышеприведенных статистических закономерностей.

С другой стороны, с не меньшим основанием можно полагать, что в возникновении ситуаций, о которых идет речь, значительная доля «вины», если не вся она целиком, падает на другую сторону, т. е. на женщин. Не следует забывать, что длительный путь сперматозоидов в половых

путях навстречу яйцеклетке протекает в таких физиологических и биохимических условиях среды, тончайшие нарушения которых в сторону повышения или понижения щелочности, кислотности и т. д. могут привести к созданию условий, благоприятствующих передвижению сперматозоидов одного типа по сравнению со сперматозоидами другого типа.

Из хорошо пристрелянной пушки в строго контролируемых условиях стрельбы на умеренную дистанцию снаряды можно класть один в другой. Однако температура и влажность воздуха, сила и направление ветра, уровень атмосферного давления, дальность полета снаряда и другие факторы неизменно обусловят некоторый разброс попадания, степень и характер которого будут зависеть от конкретных условий стрельбы.

То же самое можно сказать и о передвижении сперматозоидов в половых путях женщины с той существенной разницей, что оно протекает в условиях, гораздо более сложных по сравнению с условиями полета снаряда.

Поэтому Фемида наших дней оказалась бы в трудном положении при попытке взвесить «меру ответственности» того или другого супруга за возникновение рассматриваемых «конфликтных» ситуаций. В ее арсенале был бы единственный достоверный научный критерий, за пределами которого начинается область догадок: да, природа действительно одарила мужскую половину человеческого рода способностью поровну «сеять» мужское и женское начало, но в то же время лишила ее возможности распоряжаться этим даром по произволу. Все другие аргументы в пользу той или другой стороны можно было бы класть на чаши весов лишь вслепую вдвойне *.

* В древнегреческой мифологии богиню правосудия Фемиду изображали с завязанными глазами в знак максимальной объективности и убедительности судебной процедуры.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ УМЕНЬШЕНИЯ ЧИСЛА ХРОМОСОМ В ПОЛОВЫХ КЛЕТКАХ

Вернемся к процессу созревания половых клеток для того, чтобы уяснить значение еще одной его стороны, о которой до сих пор мы не говорили.

Что касается клеток соматических, из которых в процессе развития формируется зародыш, или таких же клеток, которые и во взрослом состоянии организма не утратили способности к размножению, то с ними все обстоит просто: одновременно с делением цитоплазмы делятся и хромосомы клетки. Хромосомы материнской клетки предварительно удваиваются, а затем расходятся в дочерние клетки (по второму способу в нашем примере с распределением сосисок), вследствие чего их число в дочерних клетках в норме всегда остается постоянным.

Цитоплазма соматических клеток делится также поровну, благодаря чему обе дочерние клетки одинаково жизнеспособны, а недостающее вначале количество (массу) цитоплазмы они возмещают путем роста. Таким образом, из поколения в поколение все последовательные деления соматических клеток протекают с одинаковыми результатами.

Почему этот способ деления неприменим к половым клеткам, в процессе созревания которых, как мы теперь знаем, число хромосом уменьшается вдвое по сравнению с первичными клетками, из которых они возникают?

Чтобы ответ на этот вопрос стал более ясным, допустим обратное, т. е. что уменьшения числа хромосом в процессе созревания половых клеток не происходит. К каким бы последствиям это привело?

У дрозофилы число хромосом в соматических клетках, а также в овогониях и сперматогониях равно восьми. Без уменьшения их числа вдвое яйца и сперматозоиды содержали бы также по восьми хромосом. Очевидно, что от их слияния в процессе оплодотворения возникли бы дрозофилы, клетки которых содержали бы уже по 16 хромосом. Их

половые клетки содержали бы также по 16 хромосом, а от их слияния возникли бы мухи с 32 хромосомами. Рассуждая таким путем и дальше, легко убедиться, что уже через небольшое число поколений число хромосом в клетках дрозофилы возросло бы настолько, что их нормальная жизнедеятельность была бы нарушена, и они оказались бы нежизнеспособными.

Чтобы исключить эту возможность и автоматически поддерживать постоянное для данного вида число хромосом, у всех организмов выработалось биологическое приспособление, заключающееся в уменьшении вдвое числа хромосом, а следовательно, и массы составляющего их вещества в каждом поколении. Моментом в жизни вида, к которому приурочено это событие, как раз и является созревание половых клеток (мейоз).

Отметим и здесь, что уменьшению числа хромосом ближе всего соответствует третий способ рассмотренного выше примера распределения сосисок. Следует, впрочем, оговориться, что аналогия с сосисками лишь приблизительно отражает процесс временного сближения (конъюгацию) хромосом с последующим их расхождением в дочерние клетки. В действительности этот процесс гораздо более сложный, и у читателя пусть не создается представление, что определение пола — это единственная, хотя и важная, роль хромосом в жизнедеятельности клетки и всего организма.

Другим важным следствием конъюгации хромосом и полового размножения в целом является поддержание бесконечного разнообразия признаков и особенностей, отличающих представителей любого вида в природе. Все воробьи в стайке или овцы в стаде на первый взгляд кажутся одинаковыми, как медные пятаки. Однако опытный глаз орнитолога подмечает все те особенности, по которым воробьи отличаются друг от друга, а длительный опыт пастуха, который проводит со стадом многие годы, дает ему возможность безошибочно узнавать «в лицо» каждую овцу.

То же самое справедливо и по отношению к людям, с той разницей, что наш опыт распознавания людей неизмеримо богаче, поскольку мы сталкиваемся с ними ежедневно, ежеминутно. С более или менее резкими отличиями между людьми мы свыкаемся настолько, что над ними даже не задумываемся, считая их само собой разумеющимися. Среди трех с половиной миллиардов населяющих землю людей не найти и двух человек, которые были бы столь же похожи друг на друга, как идентичные близнецы (см. главу III). В основе этого многообразия лежит безграничная изменчивость комбинаций наследственных зачатков, возникающих в процессе полового размножения, точнее говоря, в результате временного сближения хромосом при созревании половых клеток.

В теле взрослого человека каждая из многих триллионов клеток выполняет определенную работу. В соответствии с этой работой резко меняется и облик клеток.

Другое дело — первичные половые клетки. Они рано обособляются от массы клеток, составляющих тело (сому) организма, и сохраняют эмбриональные черты до момента созревания. До того времени и хромосомы в них существуют обособленно. Но вот и для этих клеток пришла пора подготовиться к тому, чтобы при благоприятных обстоятельствах дать начало новой жизни.

А для того чтобы вид существовал на постоянной здоровой основе, из первичных половых клеток половину хромосом необходимо вывести — теперь они оказываются лишними. И вот в этот-то момент как будто по сигналу члены каждой пары хромосом в первичных половых клетках сходятся вместе, чтобы снова затем разойтись, но уже существенно обновленными. Один ученый весьма метко назвал это явление танцем хромосом. И это не просто танец в обычном значении этого слова: это заключительный аккорд, апофеоз когда-то предшествовавшего ему акта оплодотворения, это танец жизни, котильон жизни — таков его символический смысл и биологическое значение.

К КАКИМ ПОСЛЕДСТВИЯМ ПРИВОДЯТ НЕПРАВИЛЬНОСТИ РАСХОЖДЕНИЯ ХРОМОСОМ В ПРОЦЕССЕ КЛЕТОЧНЫХ ДЕЛЕНИЙ

В предыдущей главе, посвященной механизму определения пола у животных и человека, мы исходили из предположения, что расхождение хромосом в дочерние клетки в процессе клеточных делений, и в частности при созревании половых клеток, всегда протекает нормально, т. е. именно так, как это было описано выше. В действительности так оно и происходит в подавляющем большинстве случаев.

Однако уже на стр. 16 мимоходом было сказано, что из этого правила бывают исключения. Механизм расхождения хромосом в процессе созревания половых клеток иногда дает «осечки», срабатывает неправильно. В результате этих «осечек» возникают яйцеклетки и сперматозоиды иного, чем всегда, хромосомного состава, от слияния которых в процессе оплодотворения развиваются особи, значительно или даже резко отличающиеся в том или ином отношении от нормальных.

Настоящая глава и будет посвящена рассмотрению простейших примеров, иллюстрирующих нарушения правильности расхождения хромосом в процессе клеточных делений, и тех последствий, которые возникают в результате этих нарушений. Поскольку основная тема книги связана с вопросами пола и с половыми хромосомами, с них мы и начнем рассмотрение случаев нарушений расхождения хромосом. Для этой цели на некоторое время снова вернемся к дрозофиле; те исключительные случаи, о которых ниже пойдет речь, равно как и проблема определения пола в целом, изучены у нее намного раньше и гораздо подроб-

нее, чем у любого другого организма. Поэтому знакомство с ними, несомненно, облегчит понимание аналогичных нарушений у человека.

ДРОЗОФИЛА. ПОЛ В НОРМЕ

Итак, уточним еще раз механизм определения пола у дрозофилы, в основе которого лежит различие между женскими и мужскими половыми клетками в отношении одной из двух половых хромосом.

У самок дрозофилы овогонии содержат по две X-хромосомы. В процессе редукционного деления одна X-хромосома остается в яйце, другая отходит в редукционное тельце. Поскольку обе половые хромосомы во всех овогониях дрозофилы одинаковы, их расхождение в дочерние клетки во всех случаях приводит к одинаковым результатам. Следовательно, все образующиеся у дрозофилы яйца одинаковы: каждое яйцо содержит одну X-хромосому и, как всегда, один полный набор аутосом, т. е. $X + A$. В дальнейшем в тексте и в табл. 2—5 гаплоидные ($1n$) и диплоидные ($2n$) наборы аутосом для краткости соответственно будут обозначены как A и AA .

У самцов дрозофилы сперматогонии содержат по две неравноценные половые хромосомы — X и Y . В процессе редукционного деления сперматогония в одну дочернюю клетку отходит X-хромосома, в другую — Y-хромосома. И так обстоит дело с каждым сперматогонием. В результате у самцов дрозофилы образуется два типа сперматозоидов — с X- или Y-хромосомой — поровну обоих типов. Полные формулы сперматозоидов будут таковы: $X + A$; $Y + A$.

Пол у дрозофилы определяется в процессе оплодотворения и зависит от сочетания половых хромосом в оплодотворенном яйце; из яйца, оплодотворенного сперматозоидом с X-хромосомой, разовьется самка ($XX + AA$); из 105

такого же яйца, оплодотворенного сперматозоидом с У-хромосомой, разовьется самец ($XU + AA$).

Так обстоит дело в норме, т. е. в том подавляющем большинстве случаев, когда в процессе созревания яиц и сперматозоидов половые хромосомы распределяются в дочерние клетки именно так, как это мы принимали до сих пор.

НЕРАСХОЖДЕНИЕ ПОЛОВЫХ ХРОМОСОМ И АБЕРРАНТНЫЕ ПОЛОВЫЕ ТИПЫ У ДРОЗОФИЛЫ

Однако иногда случается так, что в процессе редукционного деления половые хромосомы распределяются между дочерними клетками неправильно. Для примера рассмотрим один такой случай, относящийся к созреванию яиц у нормальной самки дрозофилы.

Неправильность, о которой идет речь, заключается в том, что в первом делении созревания овогония обе Х-хромосомы отходят в редукционное тельце или, напротив, обе остаются в яйце. В результате возникают два новых типа яиц, с которыми мы до сих пор не встречались: в одном из них яйцо вовсе лишено Х-хромосомы (О), в другом — их две (ХХ), т. е. вдвое больше по сравнению с нормой. Нарушение нормального процесса деления клетки, выражающееся в неправильном расхождении хромосом в дочерние клетки и в возникновении гамет иного, чем всегда, хромосомного состава, носит название нерасхождения.

В рассматриваемом случае речь идет о нерасхождении половых хромосом в редукционном делении овогония. Однако необходимо иметь в виду, что такое же нарушение может произойти с любой из аутосом и не только в процессе редукционных делений, т. е. при созревании половых клеток, но и при делении клеток соматических. Несколько подробнее об этом будет сказано ниже.

106 Проследим теперь типы зародышей (зигот) и взрослых мух, которые возникнут в результате оплодотворения

Таблица 2. Исключительные половые типы дрозофилы, возникающие в результате первичного нерасхождения половых хромосом у нормальных самок $XX+AA$

Овогонии	Яйца	Нормальные сперматозонды	Зиготы	Половые типы
$XX+AA$	$XX+A$	$X+A$	$XXX+AA$	1. Сверхсамки, нежизнеспособны
		$Y+A$	$XXY+AA$	2. Самки с дополнительной Y-хромосомой
	$O+A$	$X+A$	$XO+AA$	3. Самцы без Y-хромосомы, бесплодны
		$Y+A$	$OY+AA$	4. Нежизнеспособны

исключительных яиц $XX+A$ и $O+A$ нормальными сперматозоидами с X- или Y-хромосомой. Возможные при этом четыре типа зигот представлены в табл. 2.

Как видно из этой таблицы, яйца с двумя X-хромосомами, будучи оплодотворены сперматозоидами с X-хромосомой, приведут к возникновению самок с тремя X-хромосомами ($XXX+AA$), а такие же яйца, оплодотворенные сперматозоидами с Y-хромосомой, приведут к возникновению самок с двумя X- и одной Y-хромосомами ($XXY+AA$). Первые из них называются сверхсамками, вторые специального названия не имеют и обозначаются как самки с избыточной Y-хромосомой.

Следует, впрочем, отметить, что названия «сверхсамки» и «сверхсамцы» (о них будет сказано ниже) с морфологической точки зрения неудачны и даже неправильны, хотя и прочно вошли в терминологический обиход. Они отра-

жают лишь хромосомный состав тех и других и соответствующие сдвиги в значениях полового индекса по сравнению с таковыми нормальных самок и самцов (см. ниже), но не усиление тех особенностей, которые присущи нормальным особям, как то следовало бы из буквального смысла этих терминов. Так, например, сверхсамки $XXX+AA$ характеризуются малыми размерами, недоразвитыми яичниками, приводящими к бесплодию, а также нарушениями строения глаз, крыльев, щетинок и другими особенностями.

Самки $XXY+AA$, несмотря на наличие у них дополнительной Y -хромосомы, по внешности нормальны и вполне плодовиты. Однако в силу этой причины в их потомстве неизбежно будут возникать исключительные половые типы мух, о чем будет сказано ниже.

Нам остается рассмотреть судьбу зигот и особенности мух, которые возникнут в результате оплодотворения яиц без X -хромосомы нормальными сперматозоидами с X - или Y -хромосомой.

В тех случаях, когда яйца, лишенные X -хромосомы, оплодотворены сперматозоидами с X -хромосомой, из них развиваются нормальные по внешности самцы $XO+AA$. Однако отсутствие в клетках этих самцов Y -хромосомы приводит к бесплодию; семенники самцов $XO+AA$ развиты, но содержат лишь незначительное количество неподвижных сперматозоидов.

Что касается яиц O , оплодотворенных сперматозоидами с Y -хромосомой, то возникающие из них зиготы $OY+AA$ не способны к развитию и погибают.

Таким образом, нерасхождение X -хромосом в процессе созревания яиц у нормальной самки приводит к возникновению яиц иного, чем всегда, хромосомного состава и, как следствие этого, — к образованию четырех типов исключительных зигот. Из них, за исключением нежизнеспособных зигот $OY+AA$, достигающие взрослого состояния сверхсамки $XXX+AA$ и самцы $XO+AA$ представляют интерес лишь сами по себе, как уклоняющиеся

от нормы половые типы. На характер же потомства они не могут оказывать влияния вследствие нежизнеспособности или бесплодия.

Другое дело самки $XXU+AA$ с дополнительной U -хромосомой. Однажды возникнув в результате нерасхождения X -хромосом, они и дальше, во всех последующих поколениях, будут закономерно давать как нормальных самок и самцов, так и мух с нарушенным соотношением половых хромосом и потому ненормальных в половом отношении.

В самом деле, при наличии в овогонии трех половых хромосом — XXU — имеются две возможности их расхождения в дочерние клетки в редукционном делении, а именно: $X-XU$ и $XX-U$ (табл. 3). В первом случае в редукционное тельце могут отойти две хромосомы, например XU , а в яйце останется одна X -хромосома, или, наоборот, в редукционное тельце отойдет одна X -хромосома, а в яйце останутся X - и U -хромосомы. Во втором случае в редукционное тельце может отойти U -хромосома, а в яйце останутся обе X -хромосомы, или, наоборот, в редукционное тельце могут отойти обе X -хромосомы, а в яйце останется U -хромосома. Яйца XX и XU , а также яйца U , если они будут оплодотворены нормальными сперматозоидами с U -хромосомой, снова приведут к возникновению исключительных половых типов и нежизнеспособных зигот $UU+AA$.

В табл. 3 приведены возможные типы мух от самки $XXU+AA$ и нормального самца. В потомстве этой самки, кроме нормальных самцов и самок (строки 1, 2, 7) и тех жизнеспособных и нежизнеспособных типов, которые были приведены в табл. 2, возникают еще два новых половых типа — $XUU+AA$ (строка 4) и $UU+AA$ (строка 8). Первые представляют собой самцов с двумя U -хромосомами, нормальных по внешности и вполне плодовитых, вторые нежизнеспособны и не достигают взрослого состояния.

Таблица 3. Нормальные и исключительные половые типы дрозофилы, возникающие в результате вторичного нерасхождения половых хромосом у самок $XXY+AA$,

Овогонии	Две возможности расхождения хромосом	Яйца	Нормальные сперматозоиды	Зиготы	Половые типы
$XXY+AA$	$X-XY$	$X+A$		$X+A$ $XX+AA$	1. Нормальные самки
				$Y+A$ $XU+AA$	2. Нормальные самцы
		$XU+A$		$X+A$ $XXY+AA$	3. Самки с дополнительной Y-хромосомой
				$Y+A$ $XUY+AA$	4. Самцы с дополнительной Y-хромосомой
	$XX-Y$	$XX+A$		$X+A$ $XXX+AA$	5. Сверхсамки, нежизнеспособны
				$Y+A$ $XXY+AA$	6. Самки с дополнительной Y-хромосомой
		$Y+A$		$X+A$ $XU+AA$	7. Нормальные самцы
				$Y+A$ $UY+AA$	8. Нежизнеспособны

Таким образом, между нерасхождением половых хромосом у нормальных самок $XX+AA$ и у исключительных самок $XXY+AA$ имеется важное отличие: у самок $XX+AA$ оно возникает сравнительно редко, приблизительно в одном овогонии из 2000; у самок же $XXY+AA$

нерасхождение половых хромосом будет неизбежно возникать во всех овогониях и в каждом поколении, кроме нормальных мух, давая начало исключительным половым типам, что и было показано на приведенном примере. Для того чтобы подчеркнуть разницу между нерасхождением хромосом у нормальных самок $XX+AA$ и у самок $XXY+AA$, первое называют первичным, а второе — вторичным нерасхождением.

Все сказанное относительно нерасхождения половых хромосом в овогенезе в равной степени справедливо в отношении нерасхождения их в сперматогенезе. Возникающие во всех таких случаях исключительные гаметы и половые типы в дальнейшем мы будем называть абберрантными, т. е. уклоняющимися от нормальных в том или ином отношении.

До сих пор, рассматривая механизм возникновения исключительных половых типов на основе первичного и вторичного нерасхождения половых хромосом в овогенезе и сперматогенезе, мы подразумевали, что во всех таких случаях аутосомы распределяются между дочерними клетками нормально и в нормальном числе присутствуют в половых клетках (A) и у всех взрослых абберрантных половых типов (AA). В действительности, однако, правильность расхождения любой из трех аутосом дрозофилы может быть также нарушена, и на этой основе могут возникать исключительные типы мух. В отличие от половых типов, обязанных нерасхождению половых хромосом, их называют аутосомными исключительными типами.

Равным образом нерасхождение половых хромосом и аутосом в сперматогенезе может быть как первичным (сравнительно редким явлением, подобно рассмотренному нерасхождению X-хромосом в овогенезе нормальных самок), так и вторичным, обусловленным хромосомным составом самой исключительной мухи, т. е. по типу овогенеза у самок $XXY+AA$. Примером могут служить упоминавшиеся выше самцы $XY+AA$ с двумя Y-хромосомами.

Сперматогенез у этих самцов будет также протекать с образованием исключительных сперматозондов ХУ и УУ с последующим возникновением исключительных половых типов, строение которых будет зависеть в том числе и от хромосомного состава оплодотворяемых ими яиц.

Для доказательства нерасхождения аутосом и возникновения на этой основе несбалансированных аутосомных типов нам пришлось бы привлечь другие, более сложные генетические модели и методы, которых здесь мы не касаемся. Поэтому их существование читателю придется принять на веру. Отметим лишь, что в результате воздействия на мух разнообразными внешними агентами и прежде всего рентгеновыми лучами (под влиянием которых разнообразные наследственные изменения и в том числе изменения числа хромосом возникают в большом количестве) и применения остроумных систем скрещиваний у дрозофилы получены и подробно исследованы многочисленные абберантные типы с нарушенным составом половых хромосом и аутосом. Главнейшие из этих типов приведены в табл. 4.

РОЛЬ ПОЛОВЫХ ХРОМОСОМ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОЛА У ДРОЗОФИЛЫ. ПОЛОВОЙ ИНДЕКС

Данные табл. 4 представляют интерес в двух отношениях, на которых необходимо остановиться. Они показывают, что то или иное половое состояние у дрозофилы, т. е. мужской или женский пол, зависит не столько от определенного сочетания половых хромосом, сколько от отношения числа Х-хромосом к числу наборов аутосом ($X:A$). В самом деле, до сих пор мы принимали, что сочетание в яйце двух Х-хромосом приводит к развитию самки, а сочетание Х и У-хромосом — к развитию самца. Основываясь на одних этих данных, можно было бы сказать, что две Х-хромосомы определяют у дрозофилы женский пол, а одна Х- или У-хромосома — мужской пол.

Таблица 4. Нормальные и исключительные половые типы дрово-
фины и их хромосомные комплексы

Номер	Половой тип*	Число хромосом			Половой ин- декс (X/A)
		X	Y	A	
1	Сверхсамки	XXX		AA	1,5
2	Самки	XXXX		AAAA	1,0
3	»	XXX		AAA	»
4	»	XXX	Y	AAA	»
5	»	XXX	YY	AAA	»
6	»	XX		AA	»
7	»	XX	Y	AA	»
8	»	XX	YY	AA	»
9	»	X		A	»
10	Интерсексы	XXX		AAAA	0,75
11	»	XX		AAA	0,67
12	»	XX	Y	AAA	»
13	Самцы	X		AA	0,50
14	»	X	Y	AA	»
15	»	X	YY	AA	»
16	»	X	YYY	AA	»
17	»	XX		AAAA	»
18	Сверхсамцы	X		AAA	0,33

* Хромосомные комплексы нормальных самок и самцов обозначены полужир-
ным шрифтом

Однако из данных табл. 4 следует, что этот вывод спра-
ведлив только в отношении нормальных самок и самцов
(строки 6, 14), но не охватывает все другие известные 113

половые типы дрозофилы. Так, например, самками являются диплоидные ($2n$) мухи с двумя X-хромосомами и двумя наборами аутосом, несмотря на наличие у них одной или даже двух добавочных Y-хромосом ($XX+Y+AA$, $XX+YU+AA$ — строки 7, 8). Сказанное справедливо и в отношении так называемых триплоидных ($3n$ и тетраплоидных ($4n$) самок, т. е. мух соответственно с тремя или четырьмя X-хромосомами и тремя или четырьмя наборами аутосом: все они являются самками, независимо от отсутствия или наличия у некоторых из них одной или даже двух Y-хромосом ($XXXX+AAAA$, $XXX+AAA$, $XXX+Y+AAA$, $XXX+YU+AAA$ — строки 2, 3, 4, 5).

Наконец, о том же говорит тип мух, у которых в пределах одной и той же особи мужские и женские признаки перемешаны самым причудливым образом. Такие мухи называются интерсексами; их хромосомный состав представлен в строках 10—12 табл. 4. Наряду с другими интересными особенностями интерсексы весьма чувствительны к нарушенному соотношению половых хромосом и аутосом. Тем не менее опыты показали, что интерсексы типа $XX+Y+AAA$ и $XX+AAA$ не отличаются друг от друга по степени интерсексуальности, хотя первые содержат избыточную Y-хромосому, а вторые лишены ее.

С другой стороны, кроме нормальных самцов $XU+AA$ (строка 14), известны уже упоминавшиеся выше бесплодные самцы $XO+AA$ (строка 13), самцы с двумя или даже тремя Y-хромосомами (строки 15, 16), а также самцы $XX+AAAA$ (строка 17), у которых Y-хромосома вообще отсутствует. Она отсутствует также у сверхсамцов типа $X+AAA$ (строка 18).

Таким образом, в то представление о полопределяющей роли X- и Y-хромосом у дрозофилы, которого для простоты изложения вопроса мы придерживались в главе I, теперь необходимо внести следующие поправки:

1. Y-хромосома дрозофилы в определении пола не играет роли.

2. Пол дрозофилы зависит от отношения числа X-хромосом к числу наборов аутосом ($X:A$). Этот показатель, или половой индекс, является для дрозофилы всеобъемлющим и охватывает все известные у нее половые формы и в том числе нормальных самок и самцов. Значения полового индекса для главнейших половых типов дрозофилы приведены в последней вертикальной графе табл. 4.

Половой индекс нормальных самок и самцов соответственно равен 1,0 и 0,5. Это именно те оптимальные соотношения половых хромосом и аутосом, при которых развиваются нормальные, плодовитые и жизнеспособные самки и самцы. Отклонения от них в сторону плюс и минус отражаются неблагоприятно и ведут к развитию ненормальных половых типов с пониженной жизнеспособностью, бесплодием и измененными морфологическими особенностями. Так, например, мухи, половой индекс которых равен 0,75 или 0,67 (строки 10, 11, 12), т. е. занимает промежуточное положение между индексами нормальных самок и самцов, представляют собой уже упоминавшихся выше бесплодных интерсексов.

Наконец, значение полового индекса сверхсамок увеличено, а сверхсамцов — уменьшено по сравнению с таковыми нормальных самок и самцов; для сверхсамок с тремя X-хромосомами и двумя наборами аутосом он равен 1,5 (табл. 4, строка 1), для другого крайнего типа, сверхсамцов с одной X-хромосомой и тремя наборами аутосом, значение полового индекса минимальное и равно 0,33 (табл. 4, строка 18). По внешности сверхсамцы также отличаются от нормальных и, кроме того, бесплодны и маложизнеспособны. Хромосомные комплексы упомянутых половых типов дрозофилы для наглядности представлены на рис. 26.

Не менее примечательно и то, что гаплоидные ткани мух с одной X-хромосомой и одним набором аутосом ($1n$), т. е. с половым индексом, равным 1,0 (строка 9), развиваются также по женскому типу.

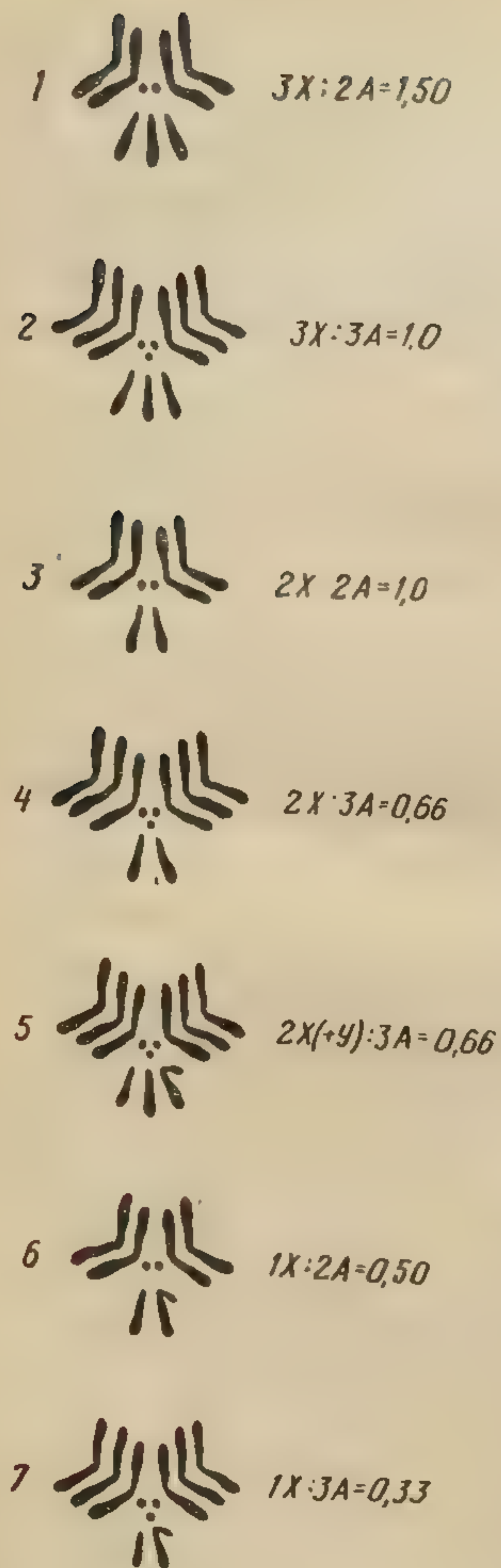


Рис. 26. Хромосомный состав половых типов дрозофилы.

1 — сверхсамка; 2 — триплоидная самка; 3 — нормальная (диплоидная) самка; 4 и 5 — интерсексы; 6 — нормальный (диплоидный) самец; 7 — сверхсамец.

Для полноты картины необходимо упомянуть еще один тип исключительных мух, у которых одна половина тела состоит из клеток одного, например женского, пола ($XX+AA$), а другая — из клеток мужского пола ($XO+AA$). Такие мухи называются гинандроморфами. Один из путей их возникновения заключается в утрате одной X-хромосомы на очень ранней стадии развития, в результате чего та половина мухи, которая берет начало от исходных клеток зародыша с двумя X-хромосомами, продолжает развиваться по женскому типу, а другая половина мухи, клетки которой являются потомками той, в которой X-хромосома была утрачена, развивается по мужскому типу.

В заключение краткого обзора исключительных половых типов у дрозофилы необходимо подчеркнуть, что в настоящее время почти все они найдены и у человека.

В связи с этим особое значение применительно к человеку приобрело и само явление нерасхождения хромосом, которое было открыто на дрозофиле в 1913 г. и о котором время от времени вспоминали лишь при обсуждении аналогичных явлений у других объектов лабораторных исследований.

ЧЕЛОВЕК

Исследования хромосом. Краткая история вопроса

Результаты исследований хромосом и проблемы определения пола у дрозофилы, основные итоги которых кратко рассмотрены в предыдущем разделе,— пример того, как одно из загадочных явлений природы было выяснено на протяжении немногим более 20 лет и в основном закончено к концу 30-х годов. Успеху этих исследований способствовал ряд причин: ничтожная продолжительность развития дрозофилы от яйца до взрослого состояния; малое число хромосом, легко отличающихся друг от друга по форме и величине; возможность произвольных скрещиваний мух и прямого анализа изучаемых явлений; ничтожные затраты на ее разведение и т. д.

В отличие от исследований дрозофилы исследования хромосом человека и механизма определения пола у него развивались очень медленно, несмотря на их очевидную важность. Правда, на протяжении минувшего 50-летия здесь было предпринято немало попыток проникнуть в сущность внутриклеточных механизмов определения пола и найти сходство с теми закономерностями, которые были установлены на дрозофиле. Однако, как бы это ни казалось удивительным, даже истинное число хромосом у человека было определено лишь в 1956 г.

Причин этого отставания было много, но главные две заключались в невозможности применения к человеку

основного метода генетического анализа — произвольных скрещиваний — и в большом числе хромосом в клетках, составляющих тело человека. Размеры клеток у разных животных и человека более или менее одинаковы. Но в клетках дрозофилы содержится 8 хромосом, а у человека их 46, т. е. почти в 6 раз больше. Поэтому получение хорошего плоскостного препарата, на котором были бы отчетливо видны все 46 хромосом, было исключительно трудным делом.

Таким образом, исследователям проблемы пола у человека долгое время приходилось довольствоваться косвенными доводами и соображениями, вытекающими главным образом из наблюдений по наследованию тех болезней, которые обнаруживали связь с полом.

Примером такой болезни у человека является гемофилия — несвертываемость или очень медленная свертываемость крови, вследствие чего даже незначительное ранение гемофилика может повести к серьезным последствиям. Изучение родословных тех семей, в которых наблюдались случаи гемофилии, позволило установить, что это заболевание носит определенно выраженный семейный, т. е. наследственный, характер и что за весьма редкими исключениями гемофилией страдают только мужчины. Сопоставление путей передачи болезни от родителей к детям и способа наследования половых хромосом у дрозофилы делало высоко вероятным предположение, что механизм определения пола у дрозофилы и человека одинаков и что в обоих случаях X- и Y-хромосомы играют одинаковую роль.

Такое представление существовало в течение длительного времени. Более того, с ним мы, вероятно, пребывали бы и по сие время, если бы расхождение хромосом в процессе клеточных делений всегда протекало с точностью безукоризненно действующего механизма и приводило бы к возникновению лишь нормальных половых типов и никаких других.

Ясно
пола у
хромосом
половом
гичными
дили пр
личии у
дрозофи
определе
ствующи
Вместе с
мосомы
иную ро
ясными
половыми
филы, во
ния поло
клеток.

Нерасхож

Рассм
филы не
мушки, у
привлека
блемы по
распрост
ром пред
разновид

К нес
гии», и «
так же с
половых
филы. И
оруженны
вплотную

Ясность в вопрос о сходстве механизма определения пола у дрозофилы и человека и о роли в нем половых хромосом внесли недавние исследования ненормальных в половом отношении типов у человека, оказавшихся аналогичными таковым у дрозофилы. Эти исследования подтвердили правильность первоначального предположения о наличии у человека X- и Y-хромосом, сходных с таковыми дрозофилы. Одинаковым оказался у них и самый механизм определения пола, о чем, опережая рассмотрение соответствующих данных, мы неоднократно упоминали выше. Вместе с тем эти исследования показали, что X- и Y-хромосомы человека играют в определении пола несколько иную роль, чем у дрозофилы. Эти отличия станут более ясными после того, как мы познакомимся с аберрантными половыми типами человека, которые так же, как у дрозофилы, возникают в результате неправильного расхождения половых хромосом в процессе созревания половых клеток.

Нерасхождение хромосом. Новые методы их исследования

Рассмотренное выше нерасхождение хромосом у дрозофилы не является исключительной «привилегией» этой мушки, у которой оно было открыто давно, но долго не привлекало к себе внимания в связи с исследованием проблемы пола у человека. Нерасхождение хромосом широко распространено в природе и вместе с естественным отбором представляет один из путей возникновения новых разновидностей и видов.

К несчастью, человек тоже не лишен этой «привилегии», и «ошибки» в расхождении хромосом у него точно так же служат источником возникновения ненормальных половых и аутосомных типов, подобных таковым у дрозофилы. И когда исследователи проблемы пола и врачи, вооруженные новейшими методами исследования хромосом, вплотную заинтересовались причинами возникновения раз-

нообразных пороков и расстройств половой сферы у человека, то тут был вскрыт ряд фактов, имеющих важное значение не только для проблемы определения пола, но и для медицины в целом.

Первым результатом этих исследований было уточнение механизма определения пола у человека и роли в этом процессе половых хромосом.

Другим, не менее важным результатом этих исследований явилось установление прямой связи определенных заболеваний человека неизвестной до того времени природы с неправильностями расхождения хромосом в процессе созревания половых клеток. Вследствие этих нарушений образуются гаметы необычного хромосомного состава, приводящие к возникновению ненормальных половых и аутосомных типов, подобных таковым у дрозофилы. Поскольку причиной их возникновения являются исключительные, абберрантные, сочетания (комплексы) хромосом, все подобные пороки и расстройства получили название «хромосомных болезней». Ниже кратко будут рассмотрены примеры таких болезней.

* * *

В науке почти всегда бывает так, что принципиально новые открытия и приложение существующих теорий к исследованию новых областей науки приходят с изобретением новых методов и удачным выбором объектов исследования. Пример успешного выяснения проблемы определения пола у дрозофилы служит яркой тому иллюстрацией. Не составляет исключения из этого правила и тот новый период, начало которому положили исследования по уточнению механизма определения пола у человека и роли в нем половых хромосом с применением усовершенствованного метода исследования.

120 Выше уже были отмечены главнейшие препятствия, тормозившие исследование хромосом человека, и в частно-

сти трудоемкость и ограниченность методики изготовления хороших препаратов хромосом. Недавние усовершенствования в этой области значительно расширили возможности как самого метода, так и исследования проблемы в целом.

Для подсчета хромосом в клетках человека наиболее удобными оказались белые кровяные клетки — лейкоциты. Их отделяют от эритроцитов центрифугированием и на 2—3 суток высевают на питательную среду с добавлением в нее фитогемагглютинаина. По истечении указанного времени культуру лейкоцитов обрабатывают колхицином (3 часа), а затем гипотоническим раствором (10—15 мин.), после чего переносят на предметное стекло, подсушивают на воздухе и окрашивают ядерной краской.

Фитогемагглютинин способствует делению лейкоцитов и, следовательно, обогащает культуру клетками на той стадии, когда хромосомы наиболее удобны для исследования. Обработка культуры колхицином, напротив преследует цель затормозить последние стадии деления клеток и, следовательно, также способствует накоплению в культуре клеток на стадии митоза. Наконец, обработка лейкоцитов гипотоническим раствором вызывает набухание ядер, в результате чего они разрушаются и освобождают хромосомы. Под влиянием гипотонического раствора хромосомы также несколько набухают, расправляются и рас-



Рис. 27. Хромосомы человека, видимые под микроскопом на препаратах, приготовленных по новому методу.

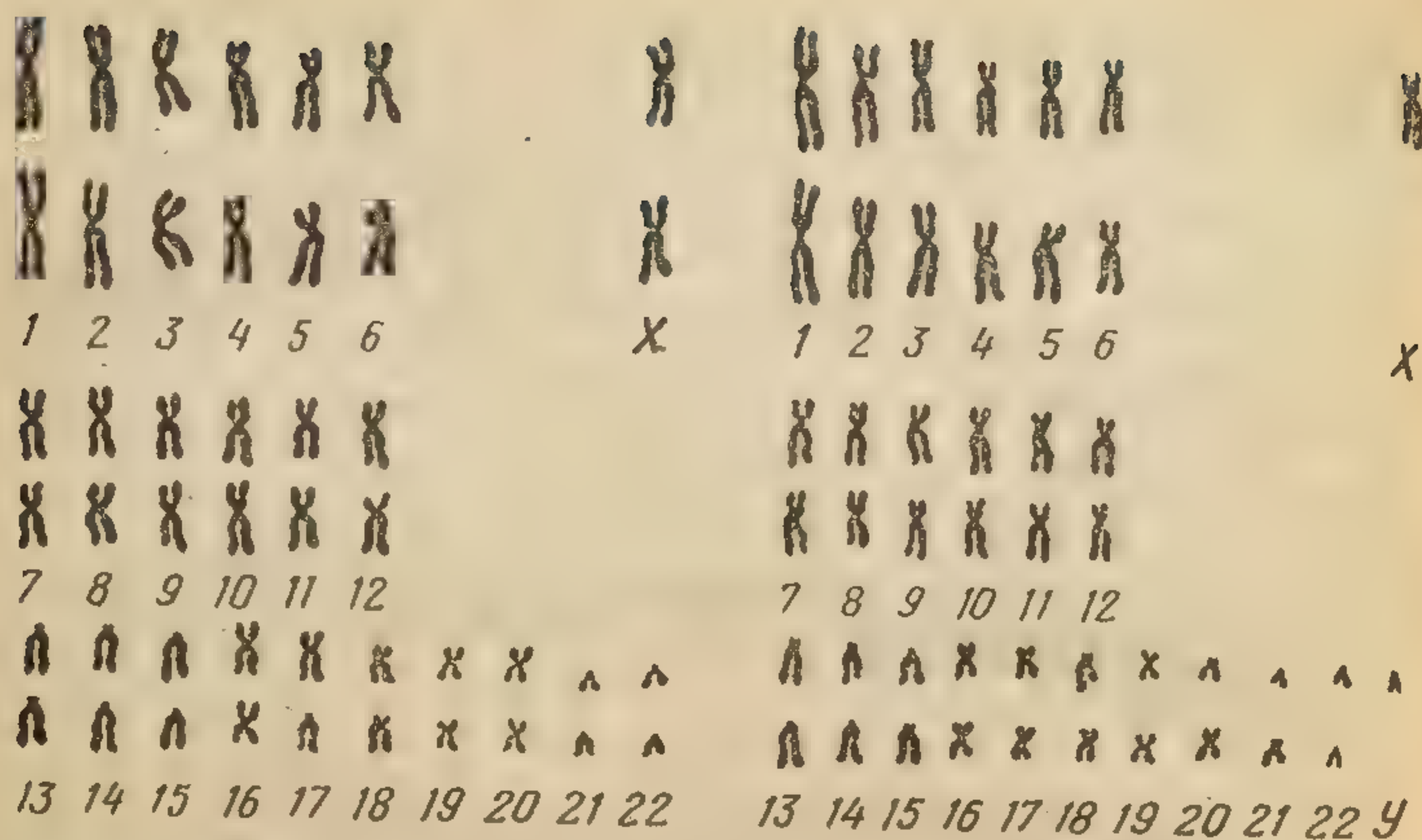


Рис. 28. Хромосомы человека, расклассифицированные и расположенные на рисунке в соответствии с рекомендациями Денверской конференции.

Слева — хромосомы женщины (XX); справа — хромосомы мужчины (XY). Цифрами 1—22 обозначены аутосомы.

полагаются на пространстве гораздо большем, чем в ядре клетки. Описанная процедура подготовки клеток значительно расширила возможности микроскопического исследования хромосом (рис. 27).

Многие пары хромосом человека настолько мало отличаются друг от друга, что их с уверенностью можно расклассифицировать лишь в пределах групп, границы которых установлены работающими в этой области исследователями на специально созванной международной конференции в Денвере (США) в 1959 г. На рис. 28 представлены наборы хромосом нормальных женщины и мужчины, сгруппированные и пронумерованные в соответствии с рекомендациями этой конференции. Нумерация хромосом в пределах некоторых групп, например хромосом 13—15-й или 19—20-й, имеет в большой мере условное значение и с

Рис. 29
(полово
1 — сомат
мальной
по тельце
кой); 2 —
мужчин
ствуют; 3
или XX
тельца Б

достове
большо

Дру

роль в

обнару

млекопи

стных п

тина ил

в 1949

Тель

ские обр

полагаю

сти яде

Барра с

шиваюто

сомы.

Прои

будут ра

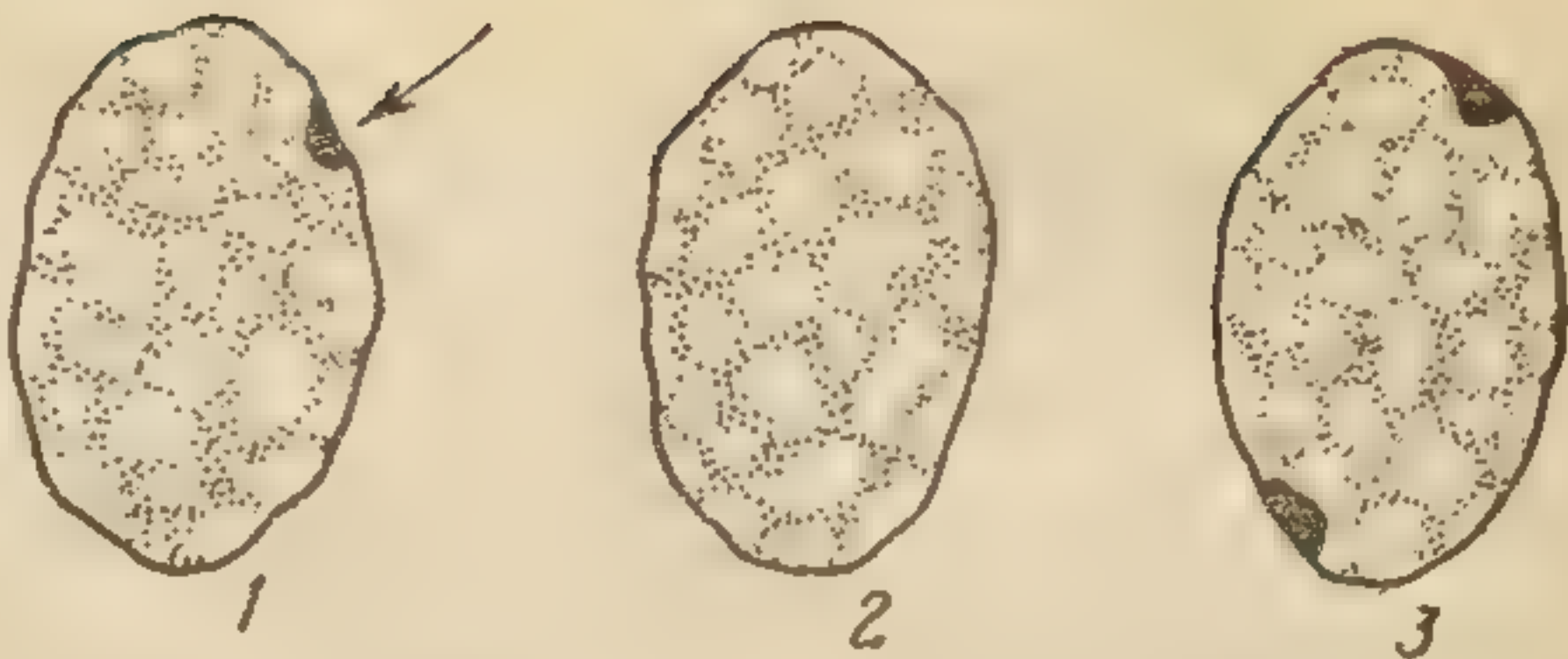
гую важ

они обна

* Пре
во-первых,
зять о «по
но не «дв
ражает см
хроматина)

Рис. 29. Тельца Барра (половой хроматин).

1 — соматические клетки нормальной женщины содержат одно тельце Барра (указано стрелкой); 2 — в клетках нормальных мужчин тельца Барра отсутствуют; 3 — у трисомиков (XXX или XXXY) присутствуют два тельца Барра.



достоверностью может быть выдержана лишь в результате большого личного опыта исследователя.

Другим методическим новшеством, сыгравшим важную роль в исследовании проблемы пола у человека, явилось обнаружение в ядрах клеток человека и некоторых других млекопитающих особых хроматиновых образований, известных под двойным названием, а именно: полового хроматина или телец Барра * (по имени автора, открывшего их в 1949 г.).

Тельца Барра (рис. 29) представляют собой сферические образования около 1 микрона в диаметре; они располагаются пристеночно, прилегая к внутренней поверхности ядерной оболочки. О хроматиновой природе телец Барра свидетельствует, в частности, тот факт, что они окрашиваются теми же специальными красками, что и хромосомы.

Происхождение телец Барра и их связь с хромосомами будут рассмотрены ниже. Сейчас же мы отметим их другую важную особенность, которая заключается в том, что они обнаруживаются только в женских соматических клет-

* Предпочтение названию «тельца Барра» мы отдаем потому, что, во-первых, оно хорошо сочетается с числительными, чего нельзя сказать о «половом хроматине» (например, «два или три тельца Барра», но не «два или три половых хроматина»), и, во-вторых, точнее выражает смысл понятия, поскольку природа телец Барра (полового хроматина) одинакова, независимо от их числа.

ках (т. е. у самок животных и у женщин) и отсутствуют в мужских соматических клетках (т. е. у самцов животных и у мужчин).

В ядрах нормальных самок и у женщин находят по одному тельцу Барра. В овогониях тельца Барра не обнаружены.

Кроме человека, тельца Барра найдены у обезьяны, кошки, собаки, норки, куницы, хорька, лисицы, медведя, волка, козы, оленя, енота, скунса, койота, свиньи, коровы и опоссума. У кроликов и грызунов, в том числе и у мыши, наиболее подробно изученной во всех отношениях, тельца Барра обнаружить не удается.

Микроскопическое исследование клеток животного любого из названных видов или человека на тельца Барра дает возможность определить его пол, так сказать, заглазно, не видя самого объекта исследования. Отсюда понятно, сколь важное значение приобрела эта ядерная «метка» в анализе половых типов человека. Анализ на тельца Барра может быть сделан легко, быстро и с достаточно надежным результатом, причем не только на взрослых людях и животных, но в случае надобности и на ранних стадиях внутриутробного развития плода человека. У взрослых людей для анализа берут кусочек кожи или соскоб со слизистой оболочки полости рта (легче всего со щеки); в практической работе пользуются именно этим последним методом, как наиболее простым.

Таким образом, современные исследователи располагают двумя взаимно дополняющими друг друга методами выяснения отдельных сторон проблемы пола у человека: один из них — это прямой подсчет числа хромосом и его отклонений от нормы, другой — исследования телец Барра. Оба они сыграли важную роль в уточнении механизма определения пола и причин возникновения абберрантных половых типов у человека.

АБЕР
И ХР

Д
возни
еще
маль
тате
самки
способ
рядом
норма

В

те же
плекса
собным
гут в
могут
нием х
щим с
исключ
кает бо
меры к

В т

женщин
некотор
нием по
ты в к
точки э
ности и
рассмат
ти их о
указань

Из
хромосо

АБЕРРАНТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПОЛОВЫХ ХРОМОСОМ И ХРОМОСОМНЫЕ БОЛЕЗНИ

Для более ясного понимания природы и механизма возникновения хромосомных болезней у человека полезно еще раз вернуться к табл. 2. В ней представлены ненормальные половые типы дрозофилы, возникающие в результате первичного нерасхождения X-хромосом у нормальной самки $XX+AA$. Один из этих типов, $OY+AA$, нежизнеспособен, три других развиваются, но характеризуются рядом особенностей, по которым они резко отличаются от нормальных самок и самцов.

В течение последнего десятилетия у человека выявлены те же самые исключительные половые типы, кроме комплекса $OY+AA$, который и здесь оказался нежизнеспособным. Хромосомные комплексы аберрантных типов могут в точности соответствовать приведенным в табл. 2, но могут быть еще более усложнены вторичным нерасхождением хромосом в овогенезе и сперматогенезе с последующим оплодотворением исключительных яиц такими же исключительными сперматозоидами. В результате возникает большое разнообразие половых типов у человека, примеры которых приведены в табл. 5 (ср. табл. 4).

В табл. 5, кроме хромосомных комплексов нормальных женщины и мужчины, приведены хромосомные комплексы некоторых аберрантных типов с нарушенным соотношением половых хромосом и аутосом. Эти немногие типы взяты в качестве примеров потому, что с интересующей нас точки зрения они изучены лучше других. В действительности их описано очень много, но нам нет необходимости рассматривать все; заинтересованные читатели могут найти их описание в тех специальных источниках, которые указаны в списке литературы в конце книги.

Из табл. 5 прежде всего видно, что состав половых хромосом нормальных мужчины и женщины в точности

Таблица 5. Нормальные и исключительные типы человека и их хромосомные комплексы

Номер	Внешний тип	Число хромосом			Число телец Барра	Клиническое обозначение
		X	Y	A		
Нормальные типы						
1	Женский	XX		AA	1	Нормальная женщина
2	Мужской	X	Y	AA	—	Нормальный мужчина
Исключительные половые типы						
3	Женский	X		AA	—	Синдром Тернера
4	Мужской	XX	Y	AA	1	Синдром Клайнфельтера
5	»	XX	YY	AA	1	»
6	»	XXX	Y	AA	2	»
7	»	XXXX	Y	AA	3	»
8	Женский	XXX		AA	2	Трисомия по X-хромосоме
9	»	XXXX		AA	3	Тетрасомия по X-хромосоме
10	»	XXXXX		AA	4	Пентасомия по X-хромосоме
Исключительный аутосомный тип						
11	Женский	XX		AA*	1	Синдром Дауна
12	Мужской	X	Y	AA*	—	»

* Плюс излишняя, 21-я, хромосома (трисомия по 21-й хромосоме).

соответствует таковому нормальных самцов и самок дрозофилы: и здесь и там сочетание X- и Y-хромосом определяет мужской пол, сочетание двух X-хромосом — женский.

Однако, коль скоро нормальные комплексы половых хромосом нарушены в ту или другую сторону, возникают исключительные половые типы с глубокими изменениями внешнего облика, половых органов, вторичнополовых признаков и других морфологических и гормональных особенностей.

В процессе детального обследования исключительных половых типов у человека было найдено, что каждый такой тип характеризуется определенным комплексом морфологических и анатомических признаков, по которым опытный врач может отличить их друг от друга иногда еще в родильном доме. Совокупность особенностей, характерных для того или иного аберрантного типа, для краткости обозначают одним словом — синдром (по-русски означает сопутствующие, идущие вместе) с прибавлением фамилии того автора, который первым систематизировал и описал данный синдром. Ниже дается описание тех клинических признаков, которые являются характерными для синдромов, включенных в табл. 5.

Синдром Тернера. Женщины. Низкий рост, короткая шея, медленное половое развитие и бесплодие; наружные половые органы сформированы по женскому типу, яичники представлены фиброзными тяжами, матка недоразвита, месячные отсутствуют; широкая щитоподобная грудная клетка с широко расставленными втянутыми сосками и недоразвитыми молочными железами; низкое расположение ушных раковин, старческое лицо; широкая кожная складка (pterygium colli), идущая от затылка к надплечью. Иногда наблюдается сужение аорты (у места впадения левой подключичной артерии), что приводит к резкому повышению давления в сосудах верхней части тела. Телец Баррана нет. Частота рождения — в одном случае на 5000 новорожденных девочек.

Синдром Клайнфельтера. Мужчины. Астеническое сложение, высокий рост за счет удлинения нижних конечностей; наружные половые органы сформированы по мужскому типу, семенники недоразвиты, склерозирующая дегенерация семенных канальцев, бесплодие; в большинстве случаев наблюдается развитие молочных желез, слабо выраженное оволосение, вялость, инертность, умственная отсталость. Тельца Барра есть. Частота рождений — в одном случае на 400—600 новорожденных мальчиков.

Синдром трисомии-X, тетрасомии-X и пентасомии-X. Женщины соответственно с одной ($XXX+AA$), двумя ($XXXX+AA$) и даже тремя ($XXXXX+AA$) избыточными X-хромосомами и таким же числом телец Барра (табл. 5). Эта неоднородная группа больных изучена недостаточно. Известно лишь, что у некоторых женщин-трисомиков наблюдается недоразвитие яичников и матки, приводящее к бесплодию; многие же из них плодовиты и интеллектуально нормальны. Увеличение числа X-хромосом до четырех и пяти выражается в более резких анатомических и физиологических нарушениях, в понижении плодовитости и задержке умственного развития. Сведения о частоте рождения больных этой группы еще недостаточны для выведения некоторого среднего значения; теоретически она должна быть равной частоте рождения больных с синдромом Клайнфельтера.

После краткого знакомства с характерными особенностями пациентов с синдромами Тернера, Клайнфельтера и трисомии-X вернемся снова к табл. 5.

Как видно из этой таблицы, несмотря на то что внешний вид и наружные половые органы пациентов с синдромом Тернера сформированы по женскому типу, в их клетках тельца Барра отсутствуют. В то же время в соматических клетках этих пациентов удастся обнаружить только 45 хромосом вместо 46. Поскольку отсутствующая хромосома по форме и величине относится к группе средних, очевидно, что это X-хромосома. Следовательно, наличие

комплекса признаков, характерных для синдрома Тернера, обусловлено отсутствием одной X-хромосомы. Иначе говоря, пациенты этого типа представляют собой особей XO. У дрозофилы мухи с одной X-хромосомой представляют собой бесплодных самцов.

Внешний вид пациентов с синдромом Клайнфельтера сформирован по мужскому типу, но в их клетках установлено наличие телец Барра. Другими словами, и в данном случае наблюдается несоответствие между внешним типом пациентов и результатами исследования на тельца Барра. В то же время общее число хромосом у них оказалось на одну больше нормального, причем, судя по всем признакам, избыточная хромосома является X-хромосомой. Таким образом, пациенты этого типа представляют собой XXU (табл. 5, строка 4). Дрозофилы с таким сочетанием половых хромосом являются самками, они плодовиты и нормальны во всем, за исключением сопровождающего их вторичного нерасхождения половых хромосом.

Хромосомный состав пациентов с синдромом Клайнфельтера может быть и иным, например с одной или двумя избыточными X-хромосомами. Однако характерным для этого типа в целом является наличие Y-хромосомы, которая извращает развитие женского пола в мужскую сторону (табл. 5, строки 5—7).

В заключение краткого знакомства с аберрантными половыми типами человека необходимо отметить количественную закономерность, которая существует между числом телец Барра и числом X-хромосом в клетках.

Выше уже было сказано, что клетки нормальных женщин содержат по одному тельцу Барра. В клетках пациентов XO (синдром Тернера) с одной X-хромосомой тельца Барра отсутствуют. Из табл. 5 далее видно, что в случае три-, тетра- и пентасомии-X, т. е. при наличии в клетках трех, четырех или даже пяти X-хромосом, число телец Барра увеличивается соответственно до двух, трех и четырех. Другими словами, число телец Барра в клетках этих

половых типов на единицу меньше числа X-хромосом. Биологическое значение этой закономерности будет рассмотрено ниже.

АБЕРРАНТНЫЕ АУТОСОМНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Аберрантные половые типы человека, обязанные своим возникновением утрате или прибавлению X- или Y-, или обоих половых хромосом в результате нерасхождения, не являются уникальными. Как и у дрозофилы, нерасхождение аутосом у человека может также иметь место, что приводит к возникновению аберрантных типов с нарушенным числом (комплексом) аутосом.

К настоящему времени известен ряд несбалансированных аутосомных комплексов и возникающих на этой почве синдромов, и первым среди них был описан синдром Дауна (1959 г.; табл. 5). На весьма характерных особенностях пациентов с синдромом Дауна следует кратко остановиться, несмотря на то что вопрос об аберрантных аутосомных комплексах выходит за рамки данной книги.

Синдром Дауна иногда неправильно называют монголизмом за тот характерный разрез глаз, который придает лицу монголоидные черты. Поскольку возникновение этой хромосомной аномалии не связано с половыми хромосомами, пациенты с синдромом Дауна с одинаковой частотой встречаются среди мальчиков и девочек, в среднем в одном случае на 500—600 новорожденных обоих полов.

Синдром Дауна. Мальчики и девочки. Низкий рост, малые размеры головы, плоское лицо с выступающими скуловыми дугами; характерная кожная складка век, маленький пугловчатый нос; полуоткрытый рот, мясистый язык; короткие и короткопалые руки и ноги, полусогнутый мизинец; особое расположение линий на ладонях; аномалия внутренних органов, особенно сердца; резко выраженная отсталость умственного развития. Тельца Барра у девочек есть, у мальчиков их нет.

Исследования клеток пациентов этого типа показали, что вместо 46 они содержат 47 хромосом. Избыточная хромосома относится к группе самых маленьких; условно ее считают 21-й хромосомой. Наблюдения показали также, что на возникновение данной аномалии существенное влияние оказывает возраст матерей: после 40 лет вероятность рождения ребенка с синдромом Дауна увеличивается в 10—40 раз по сравнению с таковой в молодом возрасте. Отсюда можно сделать косвенное предположение, что нерасхождение хромосом, в данном случае 21-й пары, имеет место в овогенезе, т. е. в процессе созревания яиц, а не сперматозоидов.

Мы не будем углубляться в рассмотрение других аутосомных синдромов, каждый из которых также характеризуется комплексом определенных признаков. Отметим лишь, что не все исследованные до сего времени такие комплексы оказались связанными с относительно простыми случаями нерасхождения хромосом в их чистом виде. Иногда возникновение несбалансированных хромосомных комплексов носит более сложный характер, в других случаях оно не связано с изменениями числа хромосом. Их мы не касаемся вовсе. Однако существование тех и других важно подчеркнуть в том отношении, что оно оставляет свободу и место для поисков других причин развития аномалий, связанных с поведением хромосом в процессе клеточных делений.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ТЕЛЕЦ БАРРА

В заключение краткого знакомства с исключительными половыми и аутосомными типами у человека необходимо остановиться на относительной частоте их возникновения и связанном с ней вопросе о происхождении телец Барра и их числе в клетках рассматриваемых пациентов.

В настоящее время можно считать установленным, что абберрантные половые типы у человека, примерами которых

являются синдромы Тернера, Клайнфельтера и трисомии-Х, составляют гораздо более обширную группу по сравнению с аутосомными нарушениями типа синдрома Дауна. Причину этого явления, несомненно, следует усматривать в специфической роли половых хромосом и аутосом. По-видимому, отсутствие в клетках любой из 22 аутосом нарушает их жизнедеятельность настолько, что они становятся полностью нежизнеспособными и приводят организм к гибели еще до его появления на свет. Равным образом наличие в клетках одной, даже самой маленькой, избыточной аутосомы, например 21-й, приводит к развитию индивидов с синдромом Дауна. Это предположение хорошо согласуется с аналогичными данными для дрозофилы.

В самое последнее время важные наблюдения были сделаны и на человеческих зародышах. Оказалось, что процент плодов с несбалансированными наборами хромосом среди самопроизвольных аборт (выкидышей) в десять раз больше такового среди медицинских абортов. Не менее примечателен и тот факт, что среди самопроизвольных абортов плоды с нехваткой какой-либо одной хромосомы составляли пятую часть всех других хромосомных aberrаций вместе взятых и что их развитие прекращалось раньше, чем развитие других абортированных зародышей.

Что касается несбалансированных хромосомных комплексов с избыточными аутосомами из группы наиболее крупных, то они вообще не известны, а все описанные аутосомные синдромы человека и в том числе синдром Дауна связаны с наличием избыточных аутосом из группы самых мелких.

Аналогичные отношения установлены у мышей: избыточные аутосомы во всех описанных случаях относились к группе самых мелких, случаи же их нехватки также не известны.

132 С рассматриваемой точки зрения половые хромосомы и аутосомы находятся в неодинаковых условиях. В отноше-

нии аутосом клетки представителей обоих полов уравниены: каждая аутосома представлена в них двойным, диплоидным числом и состоянием.

У самок млекопитающих и у женщин имеются две, а у самцов и у мужчин — только одна X-хромосома. Следовательно, казалось бы, между женскими и мужскими клетками должна быть диспропорция в отношении суммарного результата биохимической активности X-хромосом и их влияния на процессы развития и метаболизма. Между тем такой диспропорции не существует: наследственные признаки, зачатки которых находятся в X-хромосоме, развиваются одинаково у самцов и самок, у мужчин и женщин.

Устранение этой диспропорции как раз и связывают с образованием тельц Барра. Согласно общепринятой в настоящее время гипотезе, в женских клетках млекопитающих животных и человека функциональной является лишь одна X-хромосома, другая же X-хромосома переходит в неактивное состояние, образуя тельце Барра. Если в результате нерасхождения половых хромосом в гаметогенезе число X-хромосом в клетках увеличивается до трех, четырех и даже до пяти, число тельц Барра также увеличивается соответственно до двух, трех и четырех, т. е. на единицу меньше числа X-хромосом (табл. 5).

Как было отмечено выше, в овогониях перед их превращением в зрелые половые клетки тельца Барра не обнаружены.

Что касается Y-хромосомы, то у человека она играет роль лишь в определении мужского пола. И поскольку одна Y-хромосома выполняет ее столь же эффективно, как и две, то нет и необходимости перехода в неактивное состояние избыточной или избыточных Y-хромосом. У дрозофилы роль Y-хромосомы еще более ограничена. Кроме того, что она является партнером X-хромосомы в процессе деления клетки, она определяет лишь плодовитость самца, вследствие чего самцы XO у дрозофилы бесплодны. Наконец, у некоторых насекомых, например у клопов, Y-хромо-

сома вообще отсутствует и X-хромосоме предоставлена неограниченная «свобода» выбора — оставаться ли в яйце или отходить в редуционное тельце.

Способность X-хромосом переходить в неактивное состояние создает более благоприятные возможности выживания разнообразных комплексов, не сбалансированных по половым хромосомам. Это эволюционно выработавшееся приспособление делает возможным существование особей с одной и даже с двумя избыточными X-хромосомами.

Однако некоторые органы и их функции оказываются восприимчивыми к нарушению нормальных хромосомных комплексов. К их числу относятся умственные способности, расстройство которых имеет место у многих несбалансированных половых типов, а также развитие и функции половой системы в целом, свидетельством чего являются также видовые гибриды. Несбалансированные хромосомные комплексы гибридов, хотя и оставляют возможность для их удовлетворительного развития и существования, приводят к полному бесплодию.

Вопрос о наличии телец Барра у бабочек и птиц не решен ввиду скудости и противоречивости имеющихся в настоящее время сведений. Одни исследователи находили сходные хроматиновые образования у представителей обоих полов кур, уток и попугайчиков, а также у женских личинок шелкопряда, другим авторам эти наблюдения подтвердить не удавалось. Очевидно, что ясность в этот вопрос внесут лишь дальнейшие исследования.

РОЛЬ ПОЛОВЫХ ХРОМОСОМ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОЛА У ЧЕЛОВЕКА

Итак, мы подошли к заключительному этапу рассмотрения интересующей нас основной темы и теперь в состоянии ответить на вопрос, почему каждый из нас родился представителем именно данного, а не противоположного пола.

Попутно мы познакомились с механизмом определения пола у многих представителей животного мира. Поэтому в заключение нам остается сделать некоторые сравнения и подвести итоги.

У высших раздельнополых организмов, т. е. размножающихся половым путем, существуют два типа определения пола, сущность которого сводится к отличию мужских и женских особей в одной паре хромосом и тем последствиям, которые возникают на этой основе в процессе гаметообразования и последующего оплодотворения. Эти хромосомы играют решающую роль в определении пола и потому называются половыми.

У представителей одной группы организмов, к которой относятся бабочки и птицы, самцы обладают одинаковыми половыми хромосомами и образуют сперматозоиды одного типа (с X-хромосомой). У самок половые хромосомы неодинаковы, и потому они продуцируют яйца двух типов — на самцов (с X-хромосомой) и на самок (с Y-хромосомой) — и тех и других поровну. Все эти особенности выражают кратко, говоря: у бабочек и птиц мужской пол гомотаметен, т. е. образует гаметы (сперматозоиды) одного типа, а женский пол — гетерогаметен, т. е. образует гаметы (яйца) двух типов. Этот тип определения пола впервые был открыт у бабочек; поэтому он носит название типа бабочек.

У организмов этой группы пол зародыша определяется в процессе созревания яиц, т. е. еще до их оплодотворения, и зависит от того, будет ли зрелое яйцо содержать X-хромосому (из такого яйца после оплодотворения разовьется самец) или Y-хромосому (тогда при том же условии разовьется самка). Тип определения пола, когда пол зародыша определяется в процессе созревания гамет, называется прогамным (по-русски — предшествующий оплодотворению).

У организмов другой группы эти отношения прямо противоположны. У них представители женского пола об-

обладают одинаковыми половыми хромосомами и потому продуцируют яйца одного типа — с X-хромосомой (гомогаметный пол); самцы же обладают неодинаковыми половыми хромосомами (гетерогаметный пол) и продуцируют сперматозониды двух типов — на самок (с X-хромосомой) и на самцов (с Y-хромосомой). У этих организмов пол зародыша определяется сингамно, т. е. в процессе оплодотворения, и зависит от того или другого сочетания X- и Y-хромосом в оплодотворенном яйце: сперматозониды с X-хромосомой определяют пол женских зародышей, сперматозониды с Y-хромосомой — пол мужских зародышей. К группе организмов с мужской гетерогаметностью относятся дрозофила, млекопитающие животные, в том числе и человек. Этот тип определения пола впервые был открыт у дрозофилы; поэтому он и назван типом дрозофилы.

Механизм определения пола у дрозофилы и человека одинаков, если их сравнивать по способу возникновения нормальных особей мужского и женского пола. Однако исследование исключительных половых типов у этих объектов показало, что X- и Y-хромосомы играют у них неодинаковую роль.

Оказалось, что в определении пола дрозофилы Y-хромосома не играет роли, и все известные у нее половые формы, или типы, укладываются в определенные значения полового индекса, выражающего отношение числа X-хромосом к числу наборов аутосом. Половой индекс нормальных самок дрозофилы равен 1 (две X-хромосомы и два набора аутосом), половой индекс самцов — 0,5 (одна X-хромосома и два набора аутосом). Любое отклонение полового индекса от этих значений нарушает нормальный баланс половых хромосом и аутосом и ведет к возникновению ненормальных половых типов — сверхсамок (половой индекс 1,5), сверхсамцов (половой индекс 0,33) и интерсексов (половой индекс 0,67 или 0,75) (см. табл. 4).

136 Y-хромосома человека в отличие от Y-хромосомы дрозофилы играет активную роль в определении мужского

пола. Вследствие этого все оплодотворенные яйца человека, в которых содержится хотя бы одна У-хромосома, развиваются в мужском направлении. Сюда прежде всего относятся нормальные мужчины ($XU+44$), а также мужчины с синдромом Клайнфельтера ($XXU+44$, $XXUU+44$, $XXXU+44$).

Напротив, все оплодотворенные яйца, в которых У-хромосома отсутствует, развиваются в женском направлении. Сюда относятся нормальные женщины ($XX+44$), а также женщины с синдромом Тернера ($XO+44$), женщины с синдромами три-, тетра- и пентасомии-Х и т. д.

Таковы сходство и различие в той роли, какую играют Х- и У-хромосомы в определении пола у дрозофилы и человека.

Наконец, при помощи половых хромосом автоматически регулируется численное равенство полов в природе и в человеческом обществе.

В заключение, чтобы не оставить у читателя впечатления, что в отношении определения пола и, в частности, особой роли в этом процессе У-хромосомы человек является уникальным творением природы, мы должны назвать тех ближайших его «соседей», у которых механизм определения пола и роль в нем Х- и У-хромосом ближе всего соответствуют таковым у человека.

Данный вопрос еще не решен окончательно. Однако наиболее вероятным претендентом на это амплуа является мышь. Диплоидное число хромосом у мыши равно 40 (самки — $XX+38$, самцы — $XU+38$). Было установлено, что мыши исключительного полового типа $XO+38$ являются жизнеспособными самками, морфологически неотличимыми от нормальных самок $XX+38$. В клетках их костного мозга найдено 39 хромосом вместо 40. Другой исключительный половой тип — $XXU+38$ — выявлен лишь у двух мышей. Это были самцы; один из них погиб, не достигнув взрослого состояния, другой был активен в половом отношении, но бесплоден.

Таблица 6. Нормальные и некоторые исключительные типы дрозофилы, человека, бабочек и птиц

Половые хромо- сомы*	Гетерогаметность мужского пола		Гетерогаметность женского пола
	дрозофила**	человек***	бабочки**** и птицы
<i>Нормальные типы</i>			
XУ	Самцы (0,5)	Мужчины	Самки
XX	Самки (1,0)	Женщины	Самцы
<i>Исключительные типы</i>			
ХО	Бесплодные самцы (0,5)	Женщины с син- дромом Тернера	Самцы
XXУ	Самки (1,0)	Мужчины с синд- ромом Клайнфель- тера	Самки
XXX	Сверхсамки (1,5)	Женщины с синд- ромом трисомии-Х	Самцы

* При наличии двух полных (диплоидных) наборов аутосом.

** У дрозофилы пол определяется отношением числа Х-хромосом к числу наборов аутосом (половой индекс; в таблице его значения приведены в скобках). У-хромосома определяет лишь плодовитость самцов, а в определении пола не играет роли.

*** У человека У-хромосома играет роль в определении мужского пола: а) наличие У-хромосомы при двух или большем числе Х-хромосом приводит к развитию исключительных мужских половых типов (синдром Клайнфельтера); б) отсутствие У-хромосомы при наличии одной Х-хромосомы приводит к развитию исключительного женского типа (синдром Тернера).

**** У бабочек (шелкопряд) У-хромосома определяет женский пол: а) при наличии У-хромосомы всегда развиваются самки; б) в отсутствие У-хромосомы всегда развиваются самцы; в обоих случаях наличие избыточных Х-хромосом или наборов аутосом не играет роли в определении пола.

В заключительной табл. 6 приведены сравнительные данные о нормальных половых типах дрозофилы, человека, бабочек и птиц и о тех главнейших исключительных половых типах, которые возникают в результате нерасхождения половых хромосом в процессе созревания яиц и сперматозоидов.

Глава III

БЛИЗНЕЦЫ У ЧЕЛОВЕКА

Погожий летний день в большом городе. По тротуару солнечной стороны улицы мать неторопливо катит детскую коляску с двумя детьми. Картина стара как мир и нова как все в природе: в ней соответственно эпохе и моде меняется лишь рама; суть же картины, т. е. сами дети, всегда и по-своему неповторима.

Однако наше внимание к детской коляске на этот раз привлекло несколько иное обстоятельство, а именно — поразительное сходство ее пассажиров. Действительно, они похожи друг на друга как две капли воды. Эта степень сходства подходит к ним в полной мере.

В такой же мере к ним приложимо другое, еще более точное понятие — идентичность, к которому прибегают в тех случаях, когда возникает необходимость выразить не просто большее или меньшее внешнее сходство, но именно одинаковость, тождественность внутреннего строения сравниваемых предметов, организмов, людей и т. д.

И действительно, в портретное сходство этих малышей природа вложила максимум возможного, и матери, казалось бы, тут делать больше нечего. Но мать есть мать: самим нарядом она постаралась подчеркнуть сходство близнецов еще больше: подобие — так подобие, не только телесное, но и костюмерное.

Не стоит строить догадок о том, что больше руководило изобретательностью матери: стремление ли завершить то, чего не сделала и не могла сделать всемогущая природа — костюмы не ее компетенция, — или неосознанное желание вызвать к себе хотя бы молчаливое участие окружающих: ведь не объяснит же она каждому встречному, какая дополнительная и совершенно непредвиденная трудность свалилась на нее с появлением младенцев на свет.

Ей удалось преодолеть эту трудность тем единственно возможным способом, которым однажды забыл воспользоваться академик Бэр: на запястье одного из малышей поблескивает едва заметный браслетик из тончайшей золотой цепочки. Теперь с помощью этого браслетика различать малышей стало куда легче!

Но последуйте, читатель, за коляской, пристроившись к ней поодаль, и, не привлекая к себе внимания, понаблюдайте не столько за матерью и малышами, сколько за встречаемыми людьми. И вы, несомненно, будете вознаграждены: никто из них при виде этой загадки природы не останется равнодушным. Гамма вызываемых ею эмоций и способы их выражения будут, конечно, разными в зависимости от пола, возраста и интеллекта встречаемых. В сумме же они явятся своего рода аккумулятором и удесятят энергию матери, с которой по возвращении с прогулки она снова и без усталости примется хлопотать о благоденствии малышей. И предстоящая ночь не будет казаться ей столь трудной, как предыдущая, о которой встречавшие ее на улице люди не знали ровно ничего.

* * *

В настоящее время на земном шаре живет около 3,5 миллиарда человек. И, кроме идентичных близнецов, каждого из них можно опознать и отличить от всех других. Это явление — универсальный закон природы, в основе которого лежит поистине бесконечное разнообразие комбинаций наследственных зачатков в пределах любого вида. По подсчетам специалистов, количество теоретически возможных наследственных комбинаций у человека равно 2^{46} , т. е. числу из 14 знаков. Живущие на земле люди, т. е. три с половиной миллиарда человек (среднее между 2^{33} и 2^{34}), составляют от этого числа не более 20%.

В медицинской литературе широкую известность получил один случай рождения близнецов, начало и финал ко-

торого с рассматриваемой точки зрения весьма поучительны и лишний раз подтверждают справедливость этого универсального принципа.

Случай, о котором идет речь, своим возникновением обязан ошибке персонала родильного дома: при выписке из него матерей, одна из которых родила двух мальчиков, а другая — одного, два младенца из трех были выданы не своим матерям.

Ошибка персонала родильного дома, конечно, навсегда осталась бы не раскрытой, если бы другой, столь же редкий случай, снова не свел всех троих детей вместе уже через несколько лет после рождения. Вот тут-то и оказалось, что один из братьев-близнецов, Виктор, был как две капли воды похож на Эрика, который воспитывался в другой семье и который, как это нетрудно было выяснить, родился в один и тот же день и в том же родильном доме, что и Виктор и его «близнец» Пьер.

Нетрудно догадаться, какое подозрение зародилось у родителей. Для установления истины обе пары родителей и близнецы были подвергнуты всесторонней клинической экспертизе, на основании которой подозрение родителей и экспертов все более переходило в уверенность.

Наконец, чтобы окончательно убедиться в ошибке персонала родильного дома, детям была сделана операция пересадки кожи в соответствующих комбинациях. Эту безболезненную и технически несложную операцию обычно делают на задней поверхности ушной раковины, причем размеры пересаживаемого лоскута кожи не больше ногтя детского мизинца. Эта операция является самым надежным способом выяснения близкого родства между людьми.

Когда с оперированных детей сняли повязки, последние сомнения окончательно отпали: как и следовало ожидать, кожа прижилась, когда она была взята от Эрика и пересажена Виктору и, наоборот, — от Виктора к Эрику. В двух других случаях, когда кожа Пьера была пересажена Виктору и, наоборот, от Виктора — Пьеру, она была от-

		Кожа взята от		
		Виктора	Пьера	Эрика
Пересажена	Виктору		—	+
	Пьеру	—		
	Эрику	+		

Рис. 30. Схема и результаты пересадки кожи у швейцарских близнецов.

Плюс — пересаженная кожа прижилась. Минус — пересаженная кожа не прижилась. Вертикальными линиями заштрихованы те сочетания, или операции, выполнение которых не было необходимо ввиду очевидного несходства Пьера с Эриком. Сочетания, заштрихованные горизонтальными линиями, представляют собой аутопересадки, которые всегда успешны и потому также не были необходимы.

торгнута (рис. 30). После этого «жертвам» ошибки персонала родильного дома не оставалось ничего другого, как к общему удовлетворению «поменять» своих родителей. Произошло это на седьмом году жизни детей в Швейцарии, откуда и сами виновники этой истории получили название швейцарских близнецов.

* * *

В специальной литературе известно немало других аналогичных коллизий, возникших на почве поразительного сходства близнецов. В нижеследующем описании небольшое отступление от оригинала сводится лишь к тому, что непривычные для слуха иностранные женские имена заменены русскими.

Шестнадцатилетнюю девушку по имени Светлана остановил вопросом незнакомый ей молодой человек: «Послушай, Соня, как случилось, что ты очутилась так далеко от дома?» Подозревая флирт, Светлана уклонилась от ответа.

Но молодой человек оказался настойчивым: полагаясь на хорошую зрительную память, он разыскал подлинную Соню, жившую в другом городе, и устроил ей встречу со Светланой.

Светлана встретилась с Соней и, как потом призналась, была потрясена, увидев себя выходящей из вагона поезда. Оказалось, девушки были близнецами; они были разлуче-

На этом мы оборвем краткое литературное вступление к главе о близнецах у человека. Тема близнецов у человека с давних пор служила сюжетом для многих литературно-художественных произведений, и несомненно, что в будущем она найдет еще более широкое отражение в художественной литературе.*

Фотографии трех пар однояйцевых близнецов приведены на рис. 31.

РАЗНОЯЙЦЕВЫЕ БЛИЗНЕЦЫ

Обратимся теперь к биологической стороне явления близнецовости, т. е. к механизму возникновения близнецов и тем биологическим особенностям их организации, которые для широкого круга читателей представляют несомненный интерес.

Близнецы, т. е. двойни, тройни, четверни и т. д., как у животных, так и у человека бывают двух типов. В одних, более частых случаях близнецы у человека появляются на свет в результате созревания и оплодотворения нескольких яиц одновременно, т. е. в течение одного менструального цикла. Отсюда и происходит название разнаяйцевые близнецы, т. е. близнецы, развившиеся из разных яиц. В дальнейшем разнаяйцевых близнецов мы будем сокращенно обозначать начальными буквами этих слов, т. е. РБ.

Разнаяйцевые близнецы в каждом отдельном случае могут быть или одного пола, т. е. или только мальчики, или только девочки, но могут быть и разного пола, т. е. и мальчики, и девочки. Портретное сходство РБ не идет дальше того, которое обычно наблюдается между детьми этих семей — неблизнецами.

Обе только что упомянутые особенности РБ нам должны быть теперь понятны на основании предыдущего.

* См., например, Список рекомендуемой литературы, источник 4. 143



В
м
о
л
в
с
с
у
на
но
де

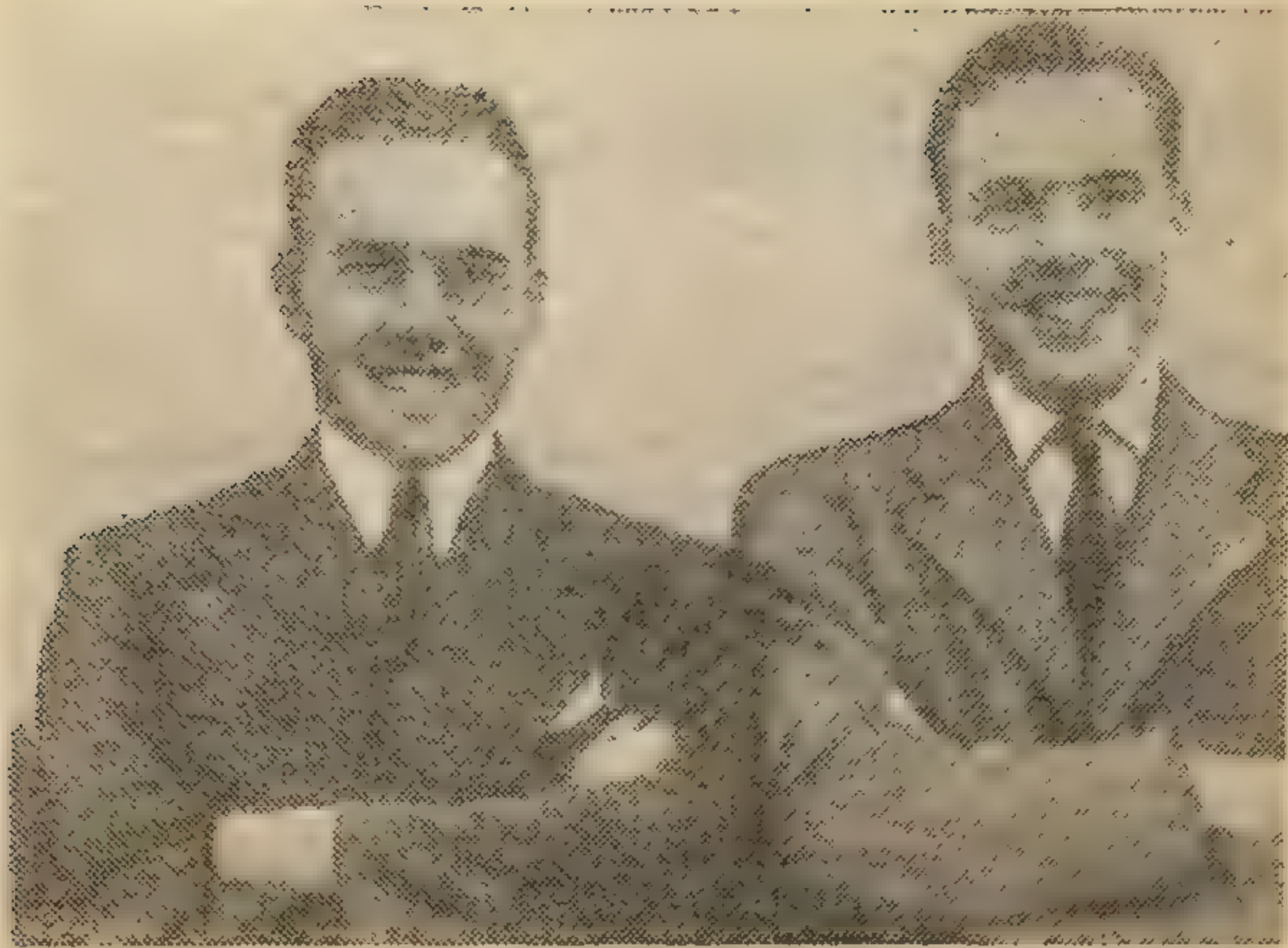


Рис. 31. Примеры большого портретного сходства однояйцевых близнецов.

1. Сестры-близнецы Луиза (слева) и Лойс. Родились в г. Темпл (штат Техас, США) в 1920 г.; разлучены на 8-й день после рождения и смерти матери, воспитывались в разных семьях, воссоединились в 18-летнем возрасте, когда поступили в университет. 2. Сестры-близнецы Ева (слева) и Сюзанна. Родились в Праге в 1950 г.; живут совместно, с родителями, в настоящее время — студентки Карлова университета в Праге. Их недавние фотографии приведены на суперобложке книги. Публикуются впервые. 3. Братья-близнецы Георг (слева) и Милан. Разлучены со дня рождения и лишь изредка встречались на короткое время. Георг вырос в Нью-Йорке, Милан — в городе Солк-Лейк-Сити (штат Юта, США), воссоединились в 19-летнем возрасте.

В самом деле, пол человеческого зародыша определяется в момент оплодотворения яйца и зависит от того, будет ли оно оплодотворено сперматозоидом с X- или сперматозоидом с Y-хромосомой.

Из предыдущего нам также известно, что в наследственном отношении, от которого и зависит портретное сходство людей, все яйца и сперматозоиды у всех живых существ разные, и опыт с курами, плимутроками и леггорнами, подчеркивал именно эту мысль. Поэтому и портретное сходство разнояйцевых близнецов не выходит за пределы обычного.

ОДНОЯЙЦЕВЫЕ БЛИЗНЕЦЫ

Близнецы, о которых шла речь в начале этой главы, возникают иначе и во всех отношениях принципиально отличаются от РБ. Как было показано выше, развитие зародыша человека осуществляется путем деления оплодотворенного яйца, которое начинается немедленно после оплодотворения. В результате первого деления оплодотворенного яйца возникают две дочерние клетки, или два бластомера. После того как оба они разделятся снова, образуется четыре бластомера, затем 8, 16, 32, 64, 128 и т. д. Таким путем увеличивается число клеток, из которых по мере развития зародыша формируются все его ткани, органы, системы органов и т. д.

Однако по не выясненным еще причинам иногда случается так, что оба или даже все четыре бластомера, возникшие соответственно после первого или второго деления оплодотворенного яйца, утрачивают между собой связь и в дальнейшем продолжают развитие не как части одного зародыша, а как независимые, самостоятельные зародыши. Иначе говоря, тот исходный материал, из которого нормально развивается один зародыш, индивид, в этих случаях поровну делится на два (или соответственно на четыре) зародыша и таким путем приводит к рождению двух или соответственно четырех близнецов. Отсюда близнецы этого типа получили название однояйцевых, т. е. развивающихся из одного оплодотворенного яйца. В дальнейшем близнецов этого типа мы будем сокращенно обозначать ОБ.

Благодаря особому способу возникновения ОБ во всех отношениях отличаются от РБ. В самом деле, увеличение числа клеток (бластомеров) в процессе развития зародыша осуществляется по типу митотических, т. е. равнонаследственных, делений (вспомните второй способ деления сосисок). Следовательно, все бластомеры в наследственном отношении одинаковы, подобны. Из подобного же

зительное портретное сходство ОБ, которое никогда не может остаться незамеченным.

На этой же основе возникает и однополость ОБ. Действительно, независимо от того, содержит ли данное оплодотворенное яйцо половые хромосомы ХХ (из такого яйца нормально развилась бы одна девочка) или хромосомы ХУ (из такого яйца развился бы один мальчик), первые два или соответственно четыре бластомера и в этом отношении одинаковы, идентичны. Поэтому близнецы, развивающиеся из половинок или четвертушек яйца, неизбежно будут одного пола. Ввиду полного генетического, а следовательно, и портретного сходства близнецов этого типа называют также идентичными.

Для обозначения РБ и ОБ существуют и другие наименования, которые происходят от латинского слова зигота, равнозначного понятию оплодотворенное яйцо. По этому принципу РБ называют дизиготными (если имеют в виду пару близнецов), тризиготными, тетразиготными и т. д. (если имеют в виду соответственно трех или четырех близнецов и т. д.; приставки ди, три и тетра означают два, три, четыре), а ОБ называют монозиготными (приставка моно означает один). Мы, однако, не будем пользоваться этими терминами и упомянули их лишь потому, что они наряду с принятыми здесь русскими названиями встречаются в литературе по этому вопросу.

Отметим также, что ОБ могут возникать и на более поздней стадии внутриутробного развития, когда образовались четыре или даже восемь бластомеров. В таких случаях могут развиваться соответственно четыре или даже восемь близнецов, и рождение четырех близнецов — всех девочек или всех мальчиков — не представляет собой исключительно редкого события. Что же касается возможности развития и рождения восьми близнецов, то, понятно, она менее благоприятна, и часть зародышей отмирает еще в утробе матери, задолго до рождения нормально развивающихся плодов.

Специфическая, можно сказать, уникальная природа ОБ представляет большой интерес во многих отношениях. Так, например, между близнецами-двойниками существует гораздо ярче выраженная привязанность друг к другу, чем то обычно имеет место между детьми одной семьи — неблизнецами. Поэтому ОБ избегают длительной разлуки, а если она оказывается неизбежной, то они скучают и под разными предлогами стремятся вновь объединиться. Сплошь и рядом близнецы-партнеры обнаруживают склонность к одинаковым занятиям, к одному виду спорта, к музыке и т. д.

Не менее примечательно и то, что ткани и органы ОБ взаимно заменимы: кожа или любой другой орган одного близнеца, пересаженные в случае надобности другому, приживаются с таким же успехом, как свои собственные, что у неблизнецов и РБ практически никогда не удается без сопровождающей такие операции специальной терапии, да и то в ограниченном числе случаев и на сравнительно короткий промежуток времени. Как было показано выше, опыт с пересадкой кожи у швейцарских близнецов явился самым достоверным доказательством не только их кровного родства, но и генетической идентичности.

Можно ли, однако, преодолеть барьер тканевой несовместимости и с гарантией за успех производить хирургическим путем замену больных или поврежденных органов и тканей здоровыми не только на однояйцевых близнецах? В теоретическом плане этот вопрос представляется простым: для полной гарантии в успехе операции необходимо генетическое тождество, идентичность тканей донора и реципиента, и опыт с швейцарскими близнецами — одно из многих тому доказательств. Если же это условие операции не соблюдено, против неидентичного, т. е. чужеродного, трансплантата вступают в силу иммунные механизмы и рано или поздно отторгают его.

148 Что касается лабораторных животных, то по отношению к ним задача создания таких экспериментальных моделей,

которые соответствовали бы однояйцевым близнецам у человека, решена вполне успешно. Для этого животных данного вида, например мышей, в течение 20—25 поколений размножают путем братско-сестринских, т. е. близкородственных скрещиваний, сближая их друг с другом в наследственном отношении. Иначе говоря, наследственное тождество ОБ возникает скачком, за одно поколение, в то время как у лабораторных животных его достигают постепенно, генетически сближая их в течение не менее указанного числа поколений. На таких животных, которые существуют во многих лабораториях мира, биологическая основа несовместимости тканей полностью устранена.

Но к человеку этот метод неприменим. Поэтому в преодолении барьера тканевой несовместимости в клинике приходится идти теми окольными путями, о которых упоминалось в самом начале книги. Рассмотрение связанных с этим вопросов выходит за рамки данной книги.

ЧАСТОТА РОЖДЕНИЯ БЛИЗНЕЦОВ

В демографической и медицинской статистике собраны обширные данные о частоте рождения близнецов у разных народов (табл. 7).

Как видно из таблицы, частота рождения РБ в разных странах колеблется в широких пределах; максимального значения она достигает у негров (39,9 на 1000 рождений), минимального — у японцев (2,7); страны Европы занимают в этом отношении промежуточное положение (от 10,9 до 5,9).

В противоположность РБ частота рождаемости ОБ в разных странах удивительно постоянна. Лишь в Нигерии (5,0) и Южной Родезии (2,3) она несколько отклоняется от тех средних значений, которые для большинства других стран оказываются практически одинаковыми.

Статистические данные показывают также, что вероятность рождения ОБ и РБ повышается с возрастом матерей,

Т а б л и ц а 7. Частота рождения близнецов в разных странах

Страна (годы)	Частота рождения двоен			
	РБ		ОБ	
	на 1000 родов	%	на 1000 родов	%
Нигерия	39,9	3,99	5,0	0,5
Южная Родезия	26,6	2,66	2,3	0,23
Конго	18,7	1,87	3,1	0,31
Ямайка	13,4	1,34	3,8	0,38
США	11,8	1,18	3,9	0,39
Греция (1931 — 1938)	10,9	1,09	2,9	0,29
Англия, Уэллс (1946 — 1955)	8,9	0,89	3,6	0,36
Швеция (1946 — 1955)	8,6	0,86	3,2	0,32
Италия (1949 — 1955)	8,6	0,86	3,7	0,37
Франция (1946 — 1951)	7,1	0,71	3,7	0,37
Испания (1951 — 1953)	5,9	0,59	3,2	0,32
Япония (1926 — 1931)	2,7	0,27	3,8	0,38

причем в первом случае эта зависимость носит линейный характер в то время как частота рождения разнояйцевых близнецов характеризуется максимумом, который приходится на возраст 37 лет.

Приведенная частота рождения относится к двойням. Вероятность рождения трех и четырех близнецов соответственно равна 1:7400 и 1:636 000 рождений. В мировой литературе известны два достоверных случая рождений по пяти младенцев, достигших взрослого состояния. В одном из них все пять младенцев развились из одного яйца, т. е. были ОБ (канадские близнецы Диони); в другом — все

Таблица 8. Зависимость между степенью и частотой многоплодности (закон Хеллинга)

Число младенцев	Вероятность рождения	Частота, полученная на основе анализа 50 млн. рождений
Двойни	$1 : 100^*$	$1 : 87$
Тройни	$1 : 100^2 = 10\,000$	$1 : 7\,108$
Четверни	$1 : 100^3 = 1\,000\,000$	$1 : 757\,000$
Пятерни	$1 : 100^4 = 100\,000\,000$	$1 : 41\,600\,000$
X	$1 : 100^{x-1}$	

* Сравни соответствующую графу табл. 7.

ские близнецы). Наконец, зарегистрировано шесть случаев рождений по шести младенцев.

Известны попытки установить математическую зависимость между степенью многоплодности и ее частотой у человека. Результаты одной такой попытки, известные в литературе под названием закона Хеллинга, представлены в табл. 8. Таблица показывает близкое совпадение между расчетными и эмпирическими данными, особенно если учесть, что статистика рождаемости несколько занижает истинное многоплодие за счет мертворожденных плодов и погибающих вскоре после рождения и потому не вошедших в записи о рождении.

В случаях неполного разделения зародышей или в результате вторичного их слияния в процессе развития рождаются сросшиеся близнецы самых разнообразных типов. Одна пара таких близнецов (китайцы Чанг и Энг) широко известна под названием сямских. Они были женаты и имели детей. Сестры Блажек, известные под названием богемских сестер, представляли собой другую такую же пару сросшихся близнецов. Одна из них произвела на свет нормального сына.

ИССЛЕДОВАНИЯ НА БЛИЗНЕЦАХ

Среда обитания

Рассмотрим теперь значение близнецов в тех исследованиях, в которых изучают роль наследственности и среды в развитии у человека физических и душевных особенностей и болезней. Для этой цели необходимо вернуться к тем страницам книги, где речь шла о необычайном разнообразии организмов в пределах расы или вида и тех причинах, которые лежат в основе этого явления.

Для нас, европейцев, все китайцы при первом с ними знакомстве кажутся очень похожими друг на друга. То же самое мы скажем о японцах, неграх и др. Иное дело люди, с которыми мы встречаемся каждодневно. Круг знакомых в зависимости от рода занятий и общественного положения каждого из нас может быть большим или меньшим, относиться к той или иной социальной группе населения, контакты с отдельными их представителями могут быть длительными или постоянными, кратковременными или мимолетными и т. д.

Однако индивидуальные особенности каждого человека выражены настолько ярко, что его безошибочно можно узнать еще издали — по осанке, походке — или опознать его присутствие по одному тембру голоса. Сюда же относятся отпечатки пальцев, которые у разных людей неповторимы. Недаром поэтому уже в древнем Китае все наиболее важные государственные документы скреплялись отпечатками пальцев (рис. 32), а у неграмотных народов они и до сих пор приравнены к собственноручной росписи. Заметим попутно, что при очень большом сходстве дактилоскопические отпечатки варьируют даже у идентичных близнецов, хотя в гораздо меньшей степени, чем у неблизнецов.

Сказанное в одинаковой мере справедливо и по отношению к представителям любой другой нации, к стайке воробьев или выловленным в природе дрозофилам и т. д.

152 Все дело здесь заключается в опыте: опыт дает нам воз-

Рис. 32.
Китайские государственные документы скреплялись отпечатками пальцев.

возможность
вать «в
легко от
по внешн
чением
ются ОБ
деству в

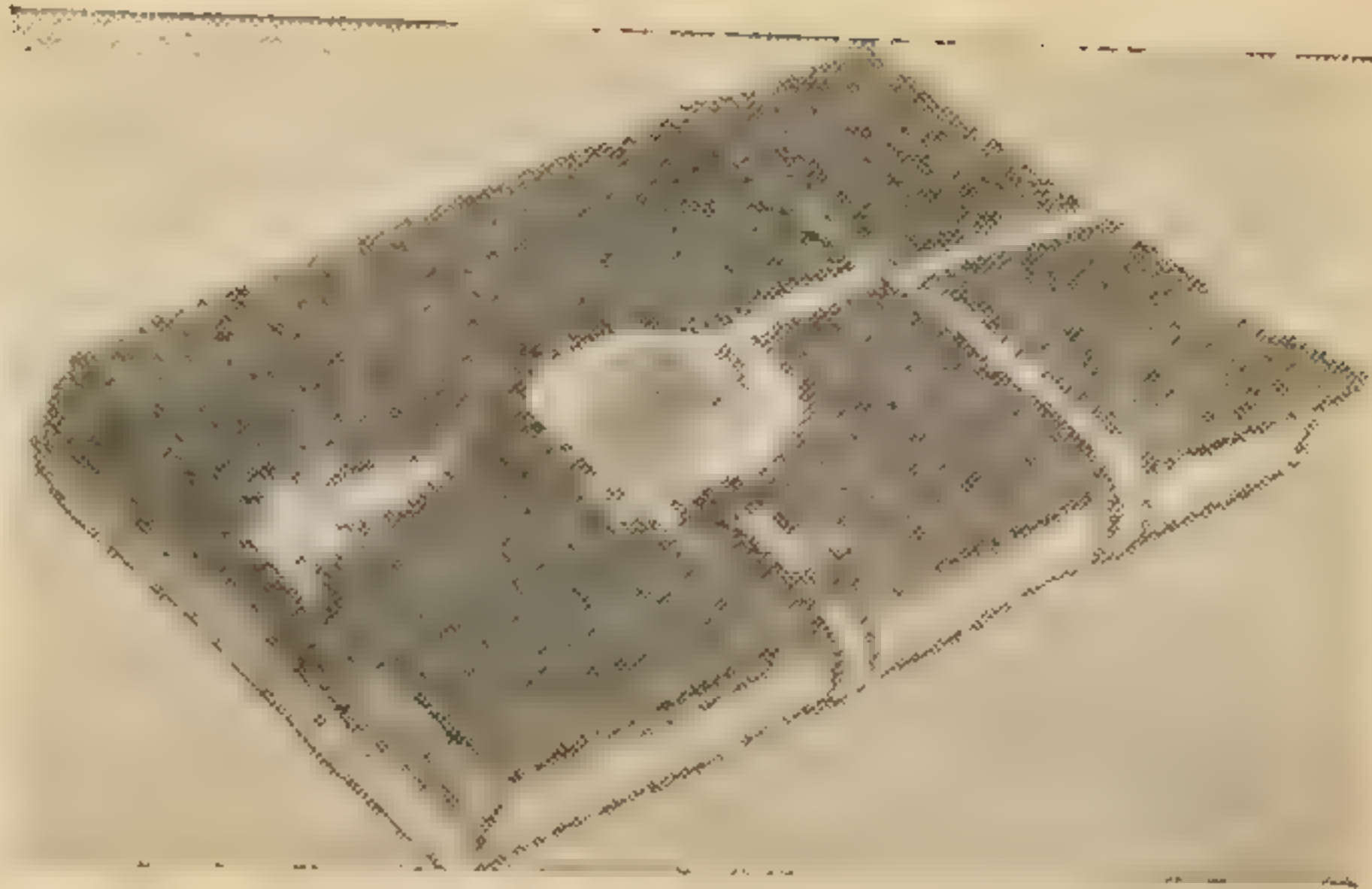
Как

вод, что
да и в
различн
наполов
риваемо

В са
с внутр
динаков
матери,
ным ее
родился
период
ным, ч
витии.

Дет
ях так

Рис. 32. В древнем Китае все особо важные государственные документы скреплялись отпечатками пальцев.



возможность безошибочно различать людей, пастуху — узнавать «в лицо» каждую овцу стада, а специалисту столь же легко отличить любую дрозophilу от всех других, если не по внешности, то по ее наследственным свойствам. Исключением (хотя и не единственным) из этого правила являются ОБ, внутрипарное сходство которых обязано их тождеству в наследственном отношении.

Как следствие из этого сопоставления вытекал бы вывод, что внешнее разнообразие представителей любого вида и в том числе людей обусловлено их наследственными различиями. Однако такой вывод был бы правилен лишь наполовину, он отражал бы только одну сторону рассматриваемого вопроса.

В самом деле, условия жизни каждого человека начиная с внутриутробного развития и до глубокой старости неодинаковы. Один ребенок родился от цветущей здоровьем матери, для которой беременность и роды были естественным ее состоянием и периодом жизни. Другой ребенок родился от матери, физиологическое состояние которой в период беременности и до него не было столь полноценным, что не могло не отразиться на его здоровье и развитии.

Детские и юношеские годы жизни детей в разных семьях также неодинаковы. На одном полюсе — достаток и

как следствие этого правильный уход, воспитание, образование детей; на другом — необеспеченность, нищета со всеми вытекающими немаловажными последствиями и влиянием на их развитие.

Но вот пора опеки детей кончилась, и молодые люди вступают на самостоятельные жизненные пути. Одни из них осели в сельской местности, других потянуло в города. Теперь разница в укладе жизни стала еще больше и коснулась всех ее сторон, начиная с питания и других бытовых факторов и кончая совокупностью условий, характеризующих темп жизни и нервные нагрузки.

Условия жизни еще более разнятся на крайнем севере и под тропиками, высоко в горах и на равнине, во влажном климате и в засушливых, полупустынных районах.

Наконец, значительную роль играют религия, обряды, обычаи, уклад и образ жизни и многие другие факторы, которые также способствуют созданию большого разнообразия среды обитания у разных народов, племен, каст и т. д.

Однако сказанным не исчерпывается разнообразие факторов среды обитания людей. Одни из них от рождения страдают, например, сильной близорукостью. Дефект их зрения выправили очки; с ними они преуспевают в жизни, без них они были бы неполноценными членами общества. Врожденный порок диабетика — неспособность усваивать сахар из-за недостаточности в организме инсулина — компенсируют ежедневным введением этого препарата извне. Эта несложная терапия возвращает диабетика почти к нормальной жизни, в то время как в отсутствие инсулина его благополучие было бы также поставлено под сомнение.

Таким образом, в понятие среды, или внешних условий существования в широком смысле слова, следует относить все те разнообразные факторы, воздействию которых в чистом ли виде или в разнообразных их сочетаниях человек подвергается на протяжении всей жизни. Среда оказывает

очень большое влияние на развитие физических и тем более душевных особенностей человека; отчасти это было видно на приведенных примерах и более подробно будет рассмотрено ниже. Сейчас же нам необходимо обратиться к другой стороне вопроса — к наследственности.

Наследственность

Примеры наследственности, выражающиеся в большем или меньшем сходстве детей с родителями и с более отдаленными предками, а также друг с другом в пределах семьи, хорошо знакомы каждому и кажутся настолько очевидными, что не всегда привлекают к себе должного внимания.

Вместе с тем, как это ни парадоксально, понятие «наследственность» послужило источником неправильного представления о природе самого явления. Оно заключается в том, что словами «наследственность» и «наследование» обозначают как биологическую наследственность, так и имущественную. Между тем наследование детьми биологических особенностей родителей означает нечто совсем другое, чем наследование материальных ценностей.

В самом деле, родители не передают ни одной своей особенности наследнику в момент зачатия или рождения. Новый человек, «наследник», возникает всего-навсего из двух мельчайших половых клеток — яйца и сперматозонда, в которых заключены наследственные зачатки как потенциальные возможности развития особенностей, присущих родителям. Иначе говоря, биологическая наследственность не более чем метафора, выражающая передачу зародышу не готового, скажем, карего цвета глаз или выющихся волос, не тех музыкальных способностей, которыми обладали родители, а лишь условий или возможностей развития упомянутых и многих других особенностей, с которыми зародыш начинает жизнь с момента зачатия и которые у него могут развиваться (но не обязательно разовьются) при определенном сочетании внешних условий.

Таким образом, мы подошли к вопросу о взаимодействии наследственности и среды в процессе развития физических и душевных особенностей человека и должны рассмотреть его более внимательно.

Примеры влияния среды на развитие и формирование разнообразных особенностей организмов и в том числе человека известны каждому из повседневной жизни столь же хорошо, как и примеры наследственности.

Однако, как только от этого общего представления обратиться к конкретной действительности, сразу же возникают большие трудности. Выше, говоря о наследственности, мы упоминали такие признаки, как карий цвет глаз, выходящие волосы и музыкальные способности. Если все эти признаки были представлены хотя бы у одного из родителей, например у отца, то через сперматозоид он передаст зародышу те самые условия, которые делают возможным развитие этих особенностей у ребенка.

Спрашивается, действительно ли разовьются у ребенка все эти признаки или только некоторые из них; будут ли они выражены у него столь же отчетливо, как у отца, или нет, и, наконец, какие внешние условия, в какой степени и в какую сторону могут повлиять на их развитие? Совокупность перечисленных вопросов составляет сущность проблемы взаимодействия наследственности и среды и представляет большой теоретический и практический интерес.

Что касается животных, растений и других объектов исследования этого вопроса, то с ними дело обстоит просто: животных размещают в клетки или вольеры, а растения выращивают на опытной делянке или в оранжерее, по заранее намеченной программе производят на них необходимые манипуляции и наблюдают в течение всего опыта. Проиллюстрируем простейшими примерами, как такие опыты осуществляются на практике.

Одно и то же растение одуванчика (одуванчики можно
156 размножать как семенами, так и черенками) делят (разре-

зают) на несколько (или даже много) частей и каждую часть выращивают затем в разных географических и климатических зонах — на юге и на севере, на равнине и высоко в горах, в условиях высокой и низкой влажности, в засушливых районах и т. д. Выраженные растения сравнивают затем по величине, форме и числу листьев, по длине стебля и корней, числу семян и многочисленным другим признакам. Поскольку все черенки были взяты от одного и того же растения, их наследственность была одинакова. Поэтому сравнение выросших из них растений дает возможность выяснить дифференциальное влияние разнообразных внешних условий на одну и ту же наследственность.

В противоположном по значению опыте семена одуванчика, собранные в разных географических зонах, высевают в одном и том же пункте, при строго контролируемых внешних условиях, и развивающиеся из них растения также сравнивают друг с другом в течение всего периода вегетации. Поскольку семена одуванчика были собраны в природе, они в наследственном отношении, безусловно, разнообразны. Поэтому такое сравнение дает возможность выяснить характер и степень развития признаков у растений с разной наследственностью, выращенных в одинаковых условиях среды.

Таким образом, произвольно комбинируя любой или несколько наследственных признаков растения с любым или любыми контролируемыми факторами внешней среды, можно досконально выяснить особенности их развития при данных условиях.

Понятно, что с человеком этого сделать нельзя, и с этой точки зрения человек — объект весьма неблагоприятный. С ним прежде всего нельзя проводить произвольные скрещивания, столь важные в подобных исследованиях: молодые люди вступают в браки, руководствуясь другими мотивами, и мало задумываются о будущем потомстве. Число детей подавляющего большинства супружеских пар настолько мало, что лишает исследователя возможности де-

лать достоверные выводы о характере наследования того или иного признака.

В отличие от растений и животных, каждому из которых свойствен определенный, более или менее ограниченный ареал, человек весьма подвижен. Отдельные периоды его жизни зачастую протекают в разных географических зонах и условиях и потому не поддаются точному учету, унификации, сравнению. Наконец, продолжительность жизни исследуемого, в среднем равная продолжительности жизни исследователя, ограничивает возможность наблюдений одним поколением, что для подобных исследований далеко не достаточно (ср. дрозофилу, у которой можно получить и исследовать до сорока поколений в год).

Таким образом, в познании биологической природы человека исследователи настойчиво ищут обходные пути, иногда не свободные от вынужденных и по необходимости произвольных допущений, а потому и не всегда достаточно обоснованных выводов.

На фоне трудностей исследования рассматриваемой проблемы в целом наблюдения на ОБ составляют важное и — по крайней мере для исследователей — приятное исключение. В самом деле, по механизму возникновения ОБ представляют собой особей, возникающих в результате своего рода бесполого размножения и в наследственном отношении подобных кусочкам одного и того же растения одуванчика. Следовательно, наблюдения над ними дают возможность подойти к выяснению относительной роли наследственности и среды в наиболее благоприятных и наиболее сравнимых условиях.

В самом деле, если ОБ — партнеры всю жизнь остаются вместе, т. е. в одних и тех же условиях среды, их сходство по всем признакам должно сохраниться на всю жизнь. Напротив, если ОБ воспитываются и живут врозь, различия в условиях жизни могут повлиять на них в ту или другую сторону и привести к несходству, которое в данном случае можно приписать влиянию среды.

Рис.
наслед
органи
них ус
осуше
ниях,
ми 1—

На
 совме
венно
ше сх
Следо
или р
от дру
чия м
чиями
предст
Осу
близне
шими
оценки
ных с
больш
в тех
В боль
нецы-п
и одно
чиях в
Одн
на бли
ваемся
тод, а
При по
ценный
водов с
физиче

сомненно, будет служить стимулом для новых исследований.

В дальнейшем мы будем иметь дело лишь с однойцевыми близнецами-двойнями, поскольку рождение большего числа ОБ наблюдается настолько редко, что они практически не могут быть использованы в тех исследованиях, о которых ниже идет речь.

РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАНИЙ НА БЛИЗНЕЦАХ

Физические и душевные признаки

Из большого числа проведенных на близнецах исследований рассмотрим только одно, наиболее длительное, обширное и типичное по полученным в нем результатам.

В течение 15 лет под наблюдением находилось 70 пар ОБ, из которых 50 партнеров-близнецов воспитывались и жили совместно, а 20 пар — раздельно, и 50 пар однополых РБ, живших совместно.

Сходство (или различие) между партнерами-близнецами учитывалось по ряду признаков. Мы рассмотрим только шесть признаков; из них четыре относятся к так называемым физическим, или конституциональным (рост, вес, длина и ширина головы), и два других — к категории психических, или душевных. Один из них — так называемый коэффициент интеллектуальности* — показатель общего умственного развития, определяемый по скорости и полноте ответов испытуемого на ряд определенным образом

* Понятием «коэффициент интеллектуальности», или, как его чаще переводят с английского, «коэффициент интеллигентности», мы пользуемся здесь лишь потому, что оно получило широкое распространение в общих и специальных трудах по данному вопросу. Вообще же правильнее говорить об «интеллекте», подразумевая под этим понятием рассудок, разум, познавательные способности человека.

подобранных стандартных вопросов. В дальнейшем мы будем сокращенно обозначать его КИ. Другой признак — окончание высшего учебного заведения. Результаты исследования представлены в табл. 9.

Как видно из таблицы, по всем без исключения исследованным признакам внутрипарные различия между ОБ, независимо от того, выросли они вместе или врозь, выражены слабее, чем между РБ. Так, например, по признаку роста внутрипарные различия между ОБ, выросшими вме-

Таблица 9. Средние различия между однояйцевыми и разнаяйцевыми близнецами человека

Признак	ОБ		РБ
	выросли вместе	выросли врозь	выросли вместе
Рост стоя (см)	1,6	1,8	4,4
Вес (кг)	1,8	4,9	4,5
Длина головы (мм)	2,6	2,2	6,2
Ширина головы (мм)	2,2	2,8	4,2
Коэффициент интеллигентности (по Бине)	5,3	8,2	9,9
Окончание учебного заведения (месяцы)	6,4	16,3	11,6

сте и врозь, в среднем составляли соответственно 1,6 и 1,8 см, в то время как у РБ они были равны 4,4 см. Та же картина, за некоторыми исключениями (см. ниже), наблюдалась и по всем другим упомянутым признакам. Отсюда следует, что внешние условия, играющие важную роль в развитии любого признака, оказывают более сильное модифицирующее влияние на людей с разной наследственностью.

Влияние среды было наглядно показано также и при сравнении ОБ, выросших вместе и врозь. Как показывает та же таблица, по пяти признакам из шести совместно выросшие ОБ внутрипарно были более похожи друг на друга, чем ОБ, выросшие в разных условиях. Исключительным оказался лишь признак длины головы, среднее различие по которому у ОБ, выросших вместе (2,6 мм), было на 0,4 мм больше, чем у ОБ, выросших раздельно (2,2 мм).

Таким образом, близнецы с одинаковой наследственностью становятся менее похожими друг на друга, когда они попадают в разную среду.

Оба признака, характеризующие умственное развитие близнецов обоих типов, оказались подверженными влиянию среды относительно сильнее, чем признаки конституциональные, причем интересно, что различия в сроках окончания учебного заведения у РБ (11,6 мес.) были даже меньше, чем у ОБ, выросших врозь (16,3 мес.).

С другой стороны, большее постоянство конституциональных признаков справедливо также с оговорками; в данном случае имеется в виду вес тела. Условия жизни влияют на него настолько сильно, что внутрипарные различия по этому признаку у ОБ, выросших врозь (4,9 кг), оказались в среднем на 0,4 кг больше таковых у РБ, выросших вместе (4,5 кг). Сказанное, впрочем, не означает, что на вес тела наследственность не оказывает никакого влияния. Этот признак наследственно обусловлен так же, как рост, форма головы, цвет глаз и волос и т. д. Однако условия среды воздействуют на вес тела гораздо сильнее. Подтверждением сказанному является тот общеизвестный факт, что одним людям, несмотря на ограниченную диету, не удастся сбавить вес до нормального, в то время как другие не прибавляют в весе даже на избыточной диете. Рис. 34 поясняет эту мысль более наглядно.

Остановимся в нескольких словах на КИ, занимающем в исследованиях на близнецах видное место как по частоте его применения, так и по важности вытекающих

	<i>скудная</i>	<i>нормальная</i>	<i>обильная</i>
<i>Диета</i>			
<i>Мышечный тип</i>			
<i>Тип, склонный к ожирению</i>			

Рис. 34. Наследственное предрасположение к нормальной полноте не приводит к ожирению даже на обильной диете. Напротив, предрасположение к полноте дает себя знать уже на голодной диете, а на избыточной приводит к чрезмерной тучности.

выводов. Суммарные итоги 50 с лишним исследований, выполненных разными авторами в разных странах, дают возможность расположить значения коэффициента корреляции (связи) по КИ в следующий ряд:

ОБ, выросшие вместе	0,87
ОБ, выросшие врозь	0,75
РБ, выросшие вместе и врозь	0,53
Братья и сестры близнецов (неблизнецы)	0,49
Воспитанники сиротских приютов и домов	0,23
Воспитанники и воспитатели	0,20

О чем говорят эти данные? Если бы коэффициент корреляции был равен 1, это означало бы, что между наследственностью и КИ имеется абсолютная корреляция и что все наблюдающиеся различия зависят исключительно от наследственности, а не среды.

В действительности этого нет. Максимальное значение коэффициента корреляции по этому показателю для ОБ, выросших вместе, равно 0,87, а для ОБ, выросших врозь, — 0,75. Это значит, что сам метод оценки корреляции по КИ не свободен от недостатков и, в частности, от тех условий, в которых проводят тесты по данному признаку: недаром повторные обследования одних и тех же ОБ зачастую дают неодинаковые значения КИ. Значения коэффициента корреляции закономерно падают по мере падения сходства испытуемых в наследственном отношении. Так, для РБ, выросших вместе и врозь, они были почти одинаковы и в среднем равны 0,53, для братьев и сестер близнецов — неблизнецов — 0,49, воспитанников сиротских приютов, неродственных между собой, — 0,23 и между воспитанниками и воспитателями — 0,20.

Из этих данных с неизбежностью следует, что общее развитие, определяемое по КИ, зависит от совокупного влияния наследственности и среды. В пределах рассматриваемых материалов наследственная слагаемая (компонента) для КИ выражена значительно отчетливее компо-

ненты средовой. Однако необходимо учесть, что каждое из 50 с лишним исследований, о которых здесь идет речь, было проведено на разных категориях близнецов в пределах сравнительно небольших районов одной и той же страны. Следовательно, и условия их жизни были гораздо более однообразны, чем жизнь в таких, например, странах, как Китай, Индия, высокогорные районы Центральной Азии или полупустынные районы Африки и т. д. Несомненно, что в последних случаях влияние средовой компоненты было бы выражено еще отчетливее.

Этим выводам соответствуют и результаты наблюдений над ОБ, которые были усыновлены и воспитывались врозь со дня рождения в семьях, где, кроме ОБ, были и «свои» дети. Если исходить из главенствующей роли среды, то при этих условиях КИ ОБ, воспитанных в обеспеченных и не обеспеченных семьях, должен обнаруживать параллелизм с таковым «своих» детей. Напротив, если главенствующую роль признать за наследственностью, то такого параллелизма быть не должно.

Результаты наблюдений показали, что истина лежит посередине между этими крайностями: КИ приемных близнецов в общем оказался тем выше, чем выше он был у «своих» детей и наоборот. Эти данные свидетельствуют о важном значении факторов среды в развитии умственных способностей. Но эти же наблюдения показали, что и наследственные факторы играют определенную роль. Оказалось, что в наиболее обеспеченных семьях успехи приемных ОБ в среднем были ниже успехов «своих» детей, в то время как в менее обеспеченных семьях приемные ОБ обнаруживали даже лучшие успехи, чем «свои» дети.

Какие выводы не вытекают из наблюдений над близнецами

В 1875 и 1912 гг. в США были опубликованы родословные двух групп семей, каждая из которых по мужской линии восходила к одному, общему для данной группы

предку. Семьи одной группы были представлены читателям под псевдонимом Джакки, семьи другой группы — под псевдонимом Калликаки.

Из 709 представителей семей Джакки 76 было преступников, 128 проституток, 18 содержателей публичных домов и более 200 нищих.

Из 480 членов семей Калликаки 143 были слабоумные, 24 алкоголика, 26 внебрачных детей, 3 преступника, 33 проститутки и другие сексуально аморальные типы.

Публикация этих родословных произвела в свое время огромное впечатление и породила попытки доказательства наследственной обусловленности преступников и социально неполноценных членов общества.

С этой целью были обследованы заключенные, осужденные за разные преступления и имевшие братьев-близнецов — ОБ или РБ. Программа обследования сводилась к выяснению практически одного пункта, а именно — наличия или отсутствия у заключенных братьев-близнецов, и в положительных случаях — к выяснению вопроса о том, привлекались ли они к ответственности за преступления (состав и обстоятельства последних во внимание не принимались).

В разных странах было обследовано 111 пар ОБ. Из них в 80 случаях преступниками или правонарушителями оказались оба партнера-близнеца и в 31 случае — только один из них. Среди 141 пар РБ соотношение оказалось обратным: в 38 случаях правонарушителями были оба партнера и в 73 — только один.

Таким образом, итоги обследования показали, что, во-первых, частота совпадений (корреляция) по признаку социальной неполноценности для ОБ превышала частоту совпадений для РБ и, во-вторых, что разница между ними была достаточна для того, чтобы статистически считать ее достоверной.

166 В дополнение к сказанному и, пожалуй, больше для курьеза, чем для серьезного рассмотрения, стоит упомя-

нута еще
было пр
различн
кой «ос
Иссл

следстве
века, из
о насле
из авто
и озагл
же резу
ды и пр
Джакки
стать н
и прив
что нек
ности о
воспита
ликаки.

И де
ставлен
жизни -
даже не
но псих
ми, от
Тут и
всего «
возраст
лу не о
ствия»

По о
человека
стве за
и средст
и оценки
ному, а

нута еще об одном подобном наблюдении, которое, правда, было проведено по несколько иному поводу, но в котором различие между ОБ и РБ было найдено в отношении такой «особенности», или «признака», как курение сигарет.

Исследователи, склонные к преувеличению роли наследственности в развитии душевных особенностей человека, из этих наблюдений не преминули сделать вывод о наследственной предопределенности преступности. Один из авторов и участников этого обследования свой труд так и озаглавил: «Преступность и рок». В действительности же результаты столь поверхностных исследований природы и причин преступности доказывают не более того, что Джаки и Калликаки при других условиях жизни могли бы стать не только добропорядочными членами общества, но и приверженцами борьбы с преступностью и, напротив, что некоторые из столпов общества и ревнителей законности опять-таки при других, противоположных условиях воспитания могли бы стать в один ряд с Джаки и Калликаки.

И действительно, одно лишь голое перечисление и сопоставление всех альтернативных возможностей и условий жизни — больших и малых, резко бросающихся в глаза даже неспециалисту и едва уловимых физических и особенно психических воздействий с их бесконечными градациями, оттенками, нюансами — заняло бы очень много места. Тут и ложно понятые моды, как непременные выразители всего «передового», и предательское для определенного возраста стремление казаться старше своих лет, и поначалу не осознанные, но чреватые последствиями «удовольствия» от употребления алкоголя, наркотиков и т. д. и т. п.

По одному из многочисленных его определений, счастье человека, а следовательно, место и роль человека в обществе заключается в возможно большем числе запросов и средств их удовлетворения. Критерии распознавания и оценки тех и других, к сожалению, понимаются по-разному, а между тем они-то и являются тем водоразделом, 167

по одну сторону которого стоят твердые моральные принципы, воля и настойчивость в достижении поставленной цели, по другую — их антиподы. На этой почве и возникают те антисоциальные явления, о которых идет речь.

Из сказанного, однако, не следует, что вся совокупность душевных особенностей человека с социально неполноценными членами общества на одном полюсе и гениями и талантами на другом формируется исключительно под влиянием среды, понимаемой даже в самом широком смысле слова. Среда не может создать Пушкиных, Эйнштейнов, Чайковских — ими надо родиться. Но среда не может и «вылечить» тех членов общества, которые неполноценны по природе, со дня рождения, примеры чему были приведены в главе II.

В данной связи автору этих строк приходит на память один из тех шуточных куплетов-шаржей, которые сочинялись нами, студентами, как на самих себя, так и на преподавателей и профессоров. Куплет, о котором идет речь, был сочинен на ортодокса-генетика — студентку А. Е. и звучал так:

Велика в мире генов роль,
Всё проникает их основа;
Наследственна зубная боль —
Я в этом присягнуть готова!

С тех пор прошло почти 50 лет, но многие сохранившиеся в памяти куплеты, в том числе и приведенный, и поныне полны глубокого смысла. Ниже мы подробнее разовьем рациональное зерно этого четверостишия. Здесь же подчеркнем еще раз, что относительная роль наследственности и среды в развитии и формировании разных признаков человека далеко не одинакова. Например, с определенной группой крови человек рождается на свет и живет всю жизнь. Более того, он рождается именно с той группой крови, которая в соответствии с определенными законами наследуется им от родителей. Никакие внешние условия не в состоянии ее изменить. Коэффициент совпадения

по этому признаку равен 100% для ОБ и только 64% для РБ.

Большинство конституциональных признаков человека относится к этой же категории. Это именно те признаки, по которым мы безошибочно отличаем знакомого человека от тысяч других и которые относительно мало подвержены влиянию среды. Примеры тому были рассмотрены выше.

Душевные признаки человека составляют особую группу. На их формирование факторы внешней среды оказывают особенно сильное влияние.

Взаимодействие наследственности и среды можно представить в виде следующей аллегории. Развитие и формирование любого признака, или особенности, человека осуществляется по принципу замок — ключ. Природа снабжает развивающийся организм большим количеством замков, среда предоставляет к ним множество ключей. Каждый признак имеет свой специфический набор замков и может быть открыт лишь ограниченным набором ключей. Некоторые из этих замков никаким сочетанием факторов среды открыть не удастся. Такими замками являются группы крови, цвет глаз и волос, типы отпечатков пальцев, некоторые формы слабоумия и многие другие признаки. Таким же замком является и диабет; ключом, который помог открыть диабетический замок, оказался инсулин.

К замку, который формирует развитие «преступных» склонностей, у одних людей не подходит ни один из таких простых ключей, как нищета, пороки воспитания и другие неблагоприятные условия жизни. У других людей этот замок легко открывается любым из упомянутых ключей.

Наследственность определяет лишь возможные ответы на разные внешние условия, но не наличие самого признака как такового. Так, например, способность человека научиться языку определяется наследственностью, поскольку все животные, а также наследственно дефективные дети не в состоянии научиться языку даже при самых совершенных методах обучения. Однако ребенок будет

учиться и говорить не на каком-то неопределенном языке, например, японском или китайском, а на том, на котором говорят окружающие.

В заключение, не ставя целью исчерпать список тех физиологических и конституциональных особенностей, по которым ОБ и РБ были сравнены между собой в разных исследованиях, отметим следующее: высота артериального давления, частота пульса, сроки наступления первых месячных, продолжительность жизни, количество и размеры эритроцитов и лейкоцитов совпадали гораздо чаще у ОБ, чем у РБ. Это совпадение, конечно, не является случайным.

НАСЛЕДСТВЕННЫЕ БОЛЕЗНИ

В медицинской литературе, а вслед за ней и в смежных науках с интересующей нас точки зрения болезни человека в самом грубом приближении принято разграничивать на наследственные и ненаследственные. В первую группу относят те болезни и пороки различной тяжести, очевидная связь которых с наследственностью вытекала главным образом из изучения родословных и наблюдений за близнецами. Наследственная природа некоторых из этих болезней, например несвертываемости крови, или гемофилии, цветовой слепоты, или дальтонизма, сахарной болезни, или диабета, установлена давно, и они стали своего рода классическими примерами наследственных болезней человека. Природа других наследственных болезней выявлена позднее, и их список расширяется все более и более, особенно в связи с использованием недавно разработанного метода исследования, связанного с изучением хромосом (глава II).

В другую, более обширную группу относят все прочие болезни и прежде всего инфекционные, а также болезни невыясненной природы.

Разграничение болезней на наследственные и ненаследственные основывается на двух связанных между собой

предпосылках. По одной из них во главу угла ставят причины и механизм возникновения тех и других, по другой отождествляют понятия «наследственные» и, следовательно, «неизлечимые» болезни, с одной стороны, и «ненаследственные» и потому «излечимые» болезни — с другой. Рассмотрим в кратких чертах неправомерность этих предпосылок, учитывая, что исследования на близнецах и подобных им экспериментальных моделях имеют к этому вопросу самое непосредственное отношение.

Список нарушений и расстройств различной тяжести, в развитии которых влияние наследственности можно считать установленным, включает очень много наименований, и здесь нет надобности в их подробном перечислении. Для нас важнее отметить другое, а именно, что выводы об их наследственной обусловленности подтверждены на основе разных методов исследования и в том числе в исследованиях на близнецах. Почти для всех исследованных на близнецах болезней было найдено, что внутрипарная частота совпадений по тому или иному заболеванию у ОБ превышала таковую у РБ. Разность в частоте совпадений в одних случаях была больше, в других — меньше, и, несомненно, она зависела как от природы и сложности заболевания, так и от точности метода исследования. Поэтому и выводы разных авторов применительно к разным наследственным болезням звучат с неодинаковой уверенностью и убедительностью, и в свете дальнейших исследований они будут подвергаться пересмотру и уточнению.

С этой точки зрения поучительно сравнить такие болезни, как некоторые формы наследственной близорукости или тот же диабет с его относительно очень простой природой и клиникой и злокачественные опухоли с исключительной многоликостью их клинических картин и не меньшей сложностью тех причин, которые приводят к их возникновению. Наследственная природа диабета не вызывает сомнений. Наследственная природа близорукости еще проще: она заключается в нарушении всего-навсего

светопреломляющей способности хрусталика, вследствие чего эффективным методом «лечения» этого нарушения служит простейший физический прибор — очки.

Наследственную природу злокачественных опухолей человека вскрыть несравненно труднее даже на близнецах, хотя наследственная тенденция по крайней мере некоторых типов опухолей в настоящее время ни у кого не вызывает сомнений. Для сравнения приведем результаты исследований на таких мышах, которые по своим наследственным свойствам соответствуют ОБ человека и в некоторых отношениях даже превосходят их. Главнейшие из них таковы.

1. У мышей одних пород* опухоли возникают почти в 100% случаев, у других они никогда или почти никогда не возникают.

2. Существует наследственное предрасположение не к опухолям вообще, а к опухолям определенных типов (локализаций). Поэтому мыши одних пород болеют, например, опухолями молочных желез, мыши других пород — опухолями легких и т. д.

3. В возникновении некоторых типов опухолей важную роль играют опухолеродные вирусы, причем мыши разных пород неодинаково к ним восприимчивы.

4. К настоящему времени известно более 500 химических соединений, способных вызывать опухоли с частотой, зависящей от их природы, от дозы и длительности воздействия, а также от восприимчивости к ним организма. В частности, повсеместное увеличение частоты опухолей легких населения больших городов связано с загрязнением воздуха дымом и газообразными продуктами промышленности.

Таким образом, роль наследственности в возникновении опухолей у экспериментальных животных несомненна.

172 * Их правильное название «линии», а не «породы», что в данном случае не имеет существенного значения. См. также сноску на стр. 90.

Вместе с тем столь же несомненны исключительная сложность проблемы в целом и трудности ее изучения применительно к человеку.

НЕНАСЛЕДСТВЕННЫЕ БОЛЕЗНИ

В настоящее время нет недостатка в сторонниках точки зрения, согласно которой ненаследственные болезни человека и прежде всего инфекционные (на которые для краткости мы будем ссылаться при сопоставлении их с болезнями наследственными) возникают в результате проникновения в организм инфекционных агентов и что его наследственность не играет при этом никакой роли.

Между инфекционными и наследственными болезнями действительно имеется принципиальная разница: в одних случаях наличие у больных определенных возбудителей (бактерий, вирусов и т. д.), возможность их выделения из организма и воздействия на них разнообразными лечебными препаратами; в других — скрытые для глаза тончайшие изменения в наследственном аппарате клеток, многообразие клинических картин и трудности подыскания тех отмычек, которые вернули бы больных к нормальной жизни.

И все же уместно поставить вопрос, так ли уж безучастна наследственная природа людей, когда в них проникают микробы и вызывают болезненные явления? Иначе говоря, встречает ли каждый микроб, вирус или любой другой болезнетворный агент одинаково «благожелательное» отношение к себе со стороны отдельных людей?

Естественно, что проверить этот вопрос на людях нельзя по крайней мере при современном состоянии науки, а исследования на близнецах, о которых идет речь в настоящей главе, являются лишь самым первым к нему приближением. Тем не менее повседневные наблюдения и результаты опытов говорят не в пользу этой точки зрения. Каждый из личного опыта может привести примеры того,

что одни люди очень редко или никогда не болеют гриппом, а другие из него почти не выходят; одни люди, а иногда целые семьи болеют туберкулезом, а другие к нему невосприимчивы и т. д. и т. п. Таких примеров можно было бы привести много, и наиболее наблюдательные из наших читателей их список без труда продолжат сами. В этой же связи стоит вспомнить и тот факт, что ни одна, даже самая опустошительная, эпидемия чумы, холеры и других инфекционных болезней прошлого не истребляла поголовно все население данной территории.

Однако ничто не убеждает более, чем твердо установленные факты, и потому для обоснования развиваемой точки зрения к ним и следует обратиться.

Для опытов брали мышей и заражали их теми микробами или вирусами, которые убивают почти всех мышей. Единичных выживших мышей размножали и затем снова заражали тем же микробом или вирусом. Опыт повторяли несколько раз, и по мере его продвижения процент выживающих, т. е. невосприимчивых к данной инфекции мышей увеличивался все более и более. К концу опыта процент невосприимчивых мышей возрос до 100, и в дальнейшем мыши были совершенно невосприимчивы к тому микробу или вирусу, который в самом начале опыта убивал их чуть ли не всех.

Из описанного опыта вытекает ряд важнейших выводов. Главный из них заключается в том, что взаимодействие паразитических болезнетворных агентов с их хозяевами, в данном случае с мышами, зиждется на весьма тонком и подвижном равновесии, допускающем существование не только живых патогенных агентов, но и их хозяев. Есть все основания считать, что все сказанное о мышах справедливо и по отношению к человеку, а наблюдения на близнецах лишь подтверждают эту точку зрения. Действительно, частота внутрипарных совпадений по заболеваемости у ОБ и РБ была прослежена в отношении многих инфекционных болезней — малярии, кори, туберкулеза, по-

лиомиелита, скарлатины и ряда других. И во всех без исключения случаях у однояйцевых близнецов она была выше, чем у разнотельцевых. Это совпадение также нельзя считать случайным.

Не входя в рассмотрение других относящихся сюда фактов и соображений, которые заинтересованный читатель без труда может найти в специальных источниках, мы ограничимся общим заключением, вытекающим из сказанного о противопоставлении наследственных и ненаследственных болезней.

Мнение, согласно которому возникновение инфекционных болезней и их тяжесть обязаны исключительно действию болезнетворного агента, в свете опытов на животных и наблюдений на близнецах, в свете данных современной медицины и биологии не выдерживает критики. Напротив, есть все основания полагать, что наследственное предрасположение к инфекционным болезням, к их течению и тяжести играет важную роль и что с этой точки зрения нет принципиальной разницы между болезнями наследственными и ненаследственными — все они в большей или меньшей мере определяются наследственной природой организмов. Различие между ними сводится лишь к тем агентам, или первичным причинам, которые являются решающими в их возникновении, с одной стороны, и специфическим ответом на них со стороны организма — с другой.

Сказанное тем более справедливо в отношении болезней и пороков невыясненной или недостаточно выясненной природы, вроде болезней зубов («зубной боли»), многочисленных кожных болезней и т. д., на которых нет надобности останавливаться подробно.

Наконец, как и при всех взаимодействиях организма со средой, особенности течения болезней немало зависят от условий жизни пациентов. На важное значение этих факторов было неоднократно указано выше, и потому здесь нет необходимости снова на них останавливаться.

* * *

Другой источник противопоставления наследственных болезней ненаследственным базируется на различной их оценке и возможностях с терапевтической точки зрения. Сравнение наследственных и инфекционных болезней под этим углом зрения, безусловно, говорит не в пользу первых. Успехи в лечении и профилактике инфекционных болезней неоспоримы — о них свидетельствует сама история этого раздела медицины. Действительно, со времени открытия явления иммунитета, на котором основана современная профилактика инфекционных болезней, до создания всеобъемлющей теории иммунитета прошло немногим более 30 лет. За этот короткий промежуток времени на фронте борьбы с инфекциями не только были получены блестящие результаты, но и встал вопрос о их полной ликвидации.

С другой стороны, следует иметь в виду, что выяснение природы и разработка методов лечения и профилактики инфекционных болезней было делом более простым, хотя и связанным с постоянной серьезной опасностью для жизни исследователей. Этого нельзя сказать о лечении наследственных болезней. Их лечение в основном — задача будущего, а тот ограниченный перечень наследственных болезней, которые поддаются излечению при современном состоянии медицины, лишний раз говорит о том, что успех лечения последних зависит от сложности их природы.

* * *

Наконец, наследственные и ненаследственные болезни можно сравнивать с точки зрения ближайших и отдаленных результатов лечения, имея при этом в виду не только излечение самого пациента, но и устранение причин, вызывающих данное заболевание.

В
сыпи
ся на
коит
ная
ствен
боле
Д
гемоф
вый —
его от
дети
в друг
положе
дующи
ницу в
в случа
лезни и
противо
оправда
На
нии леч
«наследо
лишь ме
рождаем
наследст
ную рол
дико-гене
ком случ
имеет ни
ней на на
современ
любая бо
далеки от
вития, ко
ство тех б
7 Н. Н. Ме

В самом деле, после полного выздоровления, например, сыпнотифозного больного история его болезни закрывается навсегда, и у выздоровевшего нет оснований беспокоиться о благополучии своих будущих детей — перенесенная болезнь не отразится на их здоровье, она не наследственна, т. е. не передастся им через половые клетки переболевшего родителя.

Другое дело — болезни наследственные. Диабетик или гемофилик могут благополучно прожить всю жизнь, первый — на инсулине, второй — в условиях, оберегающих его от ранений, могут жениться и воспитать детей. Но их дети также могут заболеть — в одном случае диабетом, в другом гемофилией — или не заболеть сами, но предрасположение к ним передать потомкам ближайшего или следующих поколений и рано или поздно открыть новую страницу в истории болезни данной семьи. И так обстоит дело в случае любой наследственной болезни. Поэтому эти болезни и называются наследственными, и в этом смысле их противопоставление болезням ненаследственным вполне оправданно.

На современном этапе медицины врач лишь в состоянии лечить диабет как таковой, но бессилён вылечить «наследственность» диабетика — об этом пока можно лишь мечтать. Однако ставить задачу уменьшения частоты рождаемости диабетиков, равно как страдающих другими наследственными заболеваниями, можно уже сегодня. Важную роль в этом деле, кроме врачей, должны сыграть медико-генетические консультации и само население. Во всяком случае излечимость или неизлечимость болезней не имеет ничего общего с их природой. Разграничение болезней на наследственные и ненаследственные отражает лишь современный уровень медицины и биологии. В принципе любая болезнь излечима, но медицина и биология еще далеки от этой возможности. По мере дальнейшего их развития, когда будет окончательно ликвидировано большинство тех болезней, которые на современном этапе относятся

к разряду ненаследственных, наследственные болезни явятся если не единственным, то главным предметом внимания медицины. Тогда отпадут и все основания для разграничения болезней по этому признаку.

Таков по необходимости краткий перечень вопросов, в исследовании которых методу близнецов принадлежит исключительно важная роль. В ближайшем будущем она, несомненно, возрастет еще больше. Понятно поэтому, что в ряде стран все близнецы взяты на учет*; периодически проводятся международные съезды. На этих съездах, кроме самих близнецов, собираются медики и биологи, которые проводят на них соответствующие исследования.

* На конец 1965 г. под медико-генетическими наблюдениями находилось более 250 тыс. пар близнецов.

Глава
МОЖНО
ПО ЖИ

Пут
познак
ве меха
ловека
автомат
мужско
да в п

А
Фанта
ется на
настоя
вышла
вынесе

Ита
ки, лю
приход
вопрос

Од
три де
столь
 рассу
вкус в
оплодо
и без

Др
«музы
жны

Глава IV

МОЖНО ЛИ РЕГУЛИРОВАТЬ ПОЛ ПОТОМСТВА ПО ЖЕЛАНИЮ?

Путем кратких экскурсов в мир живых существ мы познакомились с теми процессами, которые лежат в основе механизма определения пола у птиц, животных и у человека. Мы узнали также, что тот же самый механизм автоматически регулирует численное равенство особей мужского и женского пола в каждом поколении расы и вида в природе и в том числе в человеческом обществе.

А теперь позволим себе несколько пофантазировать. Фантазия — верная спутница прогресса, если она опирается на знания и разум. К тому же располагает и сама тема настоящей главы. Она и на самом деле, пожалуй, еще не вышла из стадии фантазий, поэтому и в название главы вынесена в вопросительной форме.

Итак, о чем мечтают наши добрые знакомые — хозяйки, любители петушков и курочек, с которыми нам уже приходилось встречаться для взаимных консультаций по вопросам пола?

Одна из них, более расчетливая, положила под наседку три десятка яиц и «ждет милостей от природы» в виде столь любезных ее сердцу курочек. Она вполне резонно рассуждает, что петушки в хозяйстве — лишние рты, а на вкус ведь все яйца одинаковы — оплодотворенные и неоплодотворенные. Поэтому в хозяйстве можно обойтись и без петушков, конечно, до поры до времени.

Другая хозяйка, менее экономная, но, возможно, более «музыкальная», держится того мнения, что петушки должны быть столь же неотъемлемой принадлежностью хозяйства, как цветочная клумба, будильник и тому подобные атрибуты. Поэтому отбор и содержание в курином

стаде нескольких петушков одной ей известных кондиций доставляет немало хлопот.

Истинный любитель канареек, безусловно, пожелал бы выводить преимущественно самцов (кенаров), вокальные способности которых столь высоко ценятся в мире любителей.

Директора совхозов и председатели колхозов подошли бы к данному вопросу дифференцированно и не только с учетом специализации их хозяйств в том или ином направлении, но и с солидно обоснованными экономическими расчетами тех выгод, которые действительно открыла бы им возможность по желанию регулировать пол потомства сельскохозяйственных животных, птиц и т. д.

Но вот список потенциально и практически заинтересованных в положительном решении данного вопроса исчерпан, и мы подошли, наконец, к человеку. Какие выгоды и преимущества сулила бы родителям возможность регулировать пол детей по желанию, какие разумные доводы и соображения можно было бы привести в пользу этой возможности, если бы она стала реальной в самом недалеком будущем?

Свои соображения по этому вопросу мы приведем ниже, а пока что заинтересованные читатели пусть поразмыслят над ним самостоятельно. В данной главе мы выговорили себе право на фантазию. К тому же этот вопрос применительно к человеку, пожалуй, не требует даже никакой биологической подготовки.

Вернемся, однако, к практической деятельности человека. Мы видели, что в разных ее сферах и с разной степенью значимости — от полусерьезной и любительской до проблемы большой государственной важности в сельскохозяйственном производстве — успешное решение вопроса искусственного управления полами представляет определенный практический интерес.

А если это так, то естественно, что исследователи проблемы пола не могли пройти мимо этой прикладной ее

сторон
роль в
только
и почему
самого
нужно

Поэт
деления
задача,
в науке
ного ре

У м.

теперь
именно
пов — н
их поло
пола. П
вольного
ляется
такого

«смесь»
на фрак
бы уже
шприц
нимающ
ческим
искусств
колбочк
следует
спермат

* Мы
томства у
и У-спер
высказал
J. L. Lus
centrif.

стороны. Наука по своей природе антропоцентрична: ее роль в прогрессе человеческих знаний заключается не только в получении ответов на извечные вопросы как и почему, но и в использовании этих ответов в интересах самого же человека во всех тех случаях, где это можно, нужно или даже необходимо.

Поэтому, как только стали известны механизмы определения пола у разных организмов, сразу же возникла задача, каким путем, при помощи каких методов добытые в науке сведения можно было бы использовать для успешного решения вопроса, о котором идет речь.*

У млекопитающих животных и у дрозофилы, как мы теперь знаем, представители мужского пола гетерогаметны; именно у них вырабатываются сперматозоиды двух типов — на самок (X) и на самцов (Y), и, следовательно, их половые клетки играют решающую роль в определении пола. Поэтому с теоретической точки зрения задача произвольного управления полами у этих животных представляется сравнительно простой и заключается в разработке такого способа, при помощи которого естественную «смесь» сперматозондов можно было бы рассортировать на фракции с X- и Y-хромосомами. Все дальнейшее было бы уже делом техники: соответствующие разбавители, шприц и искусственное осеменение. Если в хозяйстве, занимающемся, например, разведением соболей, по экономическим соображениям желательно получать самок, для искусственного осеменения нужно взять сперматозоиды из колбочки с этикеткой X. Напротив, если предпочтение следует отдать самцам, для осеменения самок надо взять сперматозоиды из колбочки с этикеткой Y.

* Мысль о принципиальной возможности регулировать пол потомства у сельскохозяйственных животных на основе разделения X- и Y-сперматозондов методом центрифугирования одним из первых высказал американский генетик-зоотехник Дж. Лёш в 1925 г. См. J. L. Lush. The possibility of sex control by artificial insemination with centrifuged spermatozoa. Journ. Agric. Res., 30, 1925, 893—913.

У бабочек и птиц гетерогаметным является женский пол. У них самкам природой дарована привилегия вырабатывать яйца двух типов — на самок (У) и на самцов (Х) — и играть решающую роль в определении пола. Следовательно, задача управления полами у этих организмов сводилась бы также к необходимости научиться тем или иным способом отличать яйца с Х-хромосомой от яиц с У-хромосомой.

ОПЫТЫ С ЖИВОТНЫМИ

Итак, из области фантазий вернемся снова в лабораторию и познакомимся с теми опытами, в которых естественную «смесь» сперматозоидов исследователи пытаются разделить на фракции с Х- и У-хромосомами.

На этот раз основными и постоянными обитателями лабораторий являются кролики; именно на них проведено большинство интересующих нас исследований, и потому мы познакомимся с ними несколько подробнее.

У кроликов определение пола протекает так же, как у дрозофилы и у человека. У самцов-кроликов одна половина сперматозоидов содержит Х-хромосому, другая — У-хромосому. Первые в норме определяют женский пол, вторые — мужской. Пол зародыша определяется сочетанием половых хромосом в процессе оплодотворения: сперматозоид, достигший яйца первым, решает судьбу будущего зародыша — быть ему самкой или самцом.

Основанием для опытов по разделению «смеси» сперматозоидов на фракции с Х- и У-хромосомами служит ряд предпосылок. Рассмотрим некоторые из них. *

Из предыдущего мы уже знаем, что Х- и У-хромосомы несколько отличаются по величине. Эта разница в величине половых хромосом не может не отразиться на массе, а следовательно, и на удельном весе сперматозоидов с Х- и

У-хромосомами — как бы она ни была мала. Нельзя ли рассортировать их по этому признаку при помощи каких-то особенно точных весов или других столь же чувствительных приборов?

Таковыми «весами» в руках исследователей является центрифуга. Для этой цели естественную «смесь» сперматозоидов разбавляют специально подобранным разбавителем, центрифугируют при определенном режиме на фракции, предположительно содержащие разные типы сперматозоидов, исследуют затем в опытах с искусственным осеменением.

В ряде таких опытов действительно удавалось сдвинуть нормальное соотношение полов (1:1) в сторону преобладания в потомстве самок или самцов в зависимости от того, какой фракцией сперматозоидов осеменяли крольчих.

В основу другого направления исследований было положено предположение, что Х- и У-сперматозоиды несут разные электрические заряды. Зависимость направления передвижения в жидкости некоторых одноклеточных организмов, например инфузорий, от направления постоянного электрического тока была показана неоднократно.

Исходя из этих наблюдений, сперматозоиды двух типов пытались разделить при помощи постоянного электрического тока, т. е. методом электрофореза. Для этого естественную «смесь» сперматозоидов, разведенную соответствующим разбавителем, помещали в U-образную трубку и через нее пропускали постоянный электрический ток, побуждая сперматозоиды одного типа, предположительно с отрицательным зарядом, двигаться к положительному полюсу, т. е. в одно плечо прибора, а сперматозоиды другого типа, с положительным зарядом, — к отрицательному полюсу, т. е. в другое плечо прибора (рис. 35).

Через определенный промежуток времени правое и левое плечи прибора разобщали при помощи запорного крана и собранные из них фракции сперматозоидов исследовали в опытах с кроликами.

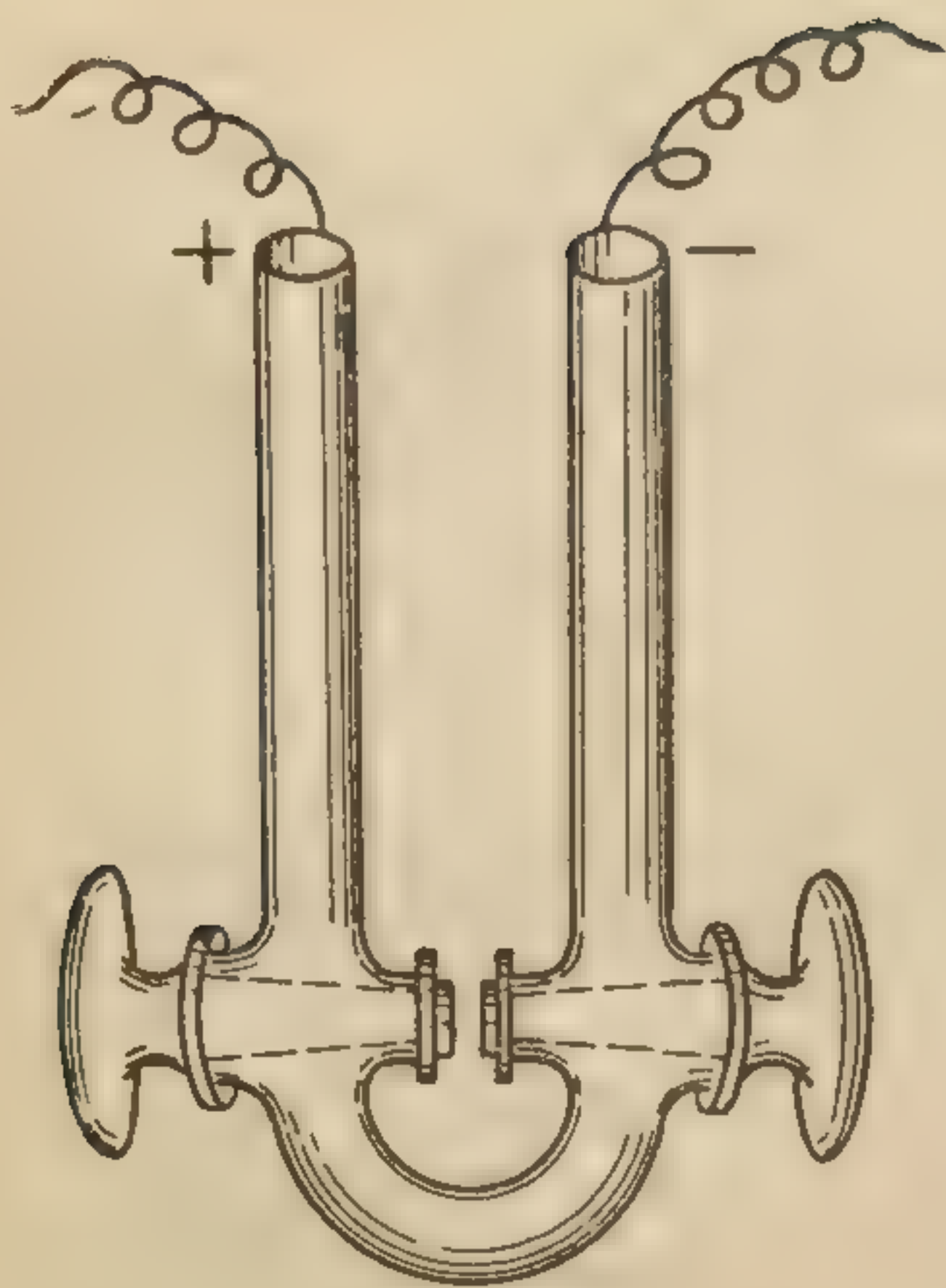


Рис. 35. Прибор для разделения X- и Y-сперматозоидов при помощи постоянного электрического тока (методом электрофореза).

организмов основаны предохранительные прививки против инфекционных болезней.

Отметим попутно, что тот же иммунологический механизм лежит в основе процесса отторжения органов и тканей, пересаженных от одного животного или человека другому, о чем было сказано в главе о близнецах. Отторжение первичного трансплантата сопровождается образованием у хозяина защитных антител, под влиянием которых вторичный трансплантат от того же донора отторгается гораздо быстрее по сравнению с первым.

Следует также отметить, что по своему действию антитела строго специфичны; они направлены против того самого агента (микроба, вируса, пересаженной чужеродной ткани и т. д.), контакт с которым привел к их образова-

В дальнейшем эти опыты были усовершенствованы с привлечением метода иммунологии. В основу этого метода положена способность организмов вырабатывать невосприимчивость, или иммунитет, по отношению к бактериям и другим телам белковой природы, которые, попадая в организм, вызывают в нем временное состояние болезни.

После каждого такого заражения (инфекции), если только организм успешно его поборо, в крови вырабатываются особые защитные тела, или антитела, которые успешно справляются с этим болезнетворным агентом, если он попадает в организм вторично. На этом свойстве

нию. Вот это-то свойство организмов — вырабатывать защитные антитела против «непрошенных гостей» — исследователи пытаются использовать для более совершенного разделения двух типов сперматозоидов у животных.

Был поставлен следующий опыт. Х-сперматозоиды кролика, отделенные от У-сперматозоидов при помощи постоянного электрического тока, вводили в кровь кроликам-самцам. При этом предполагалось, что у кроликов-самцов с половыми хромосомами ХУ будет вырабатываться лишь сперма с У-хромосомой, в то время как продукция Х-сперматозоидов будет подавлена антителами, которые возникнут в крови в результате иммунизации кроликов Х-сперматозоидами. Иначе говоря, в опыте была поставлена задача при помощи иммунологического метода вызвать у кроликов-самцов бесплодие в отношении одного из двух продуцируемых ими типов сперматозоидов. Если теоретические предпосылки рассматриваемого опыта правильны и сам опыт выполнен безукоризненно, то потомство таких самцов должно состоять главным образом, если не исключительно, из самцов.

Был поставлен и противоположный по знаку опыт, в котором кроликов-самцов иммунизировали У-сперматозоидами с целью вызвать у них бесплодие в отношении У-сперматозоидов.

Наконец, неоднократно предпринимались попытки фракционирования Х- и У-сперматозоидов с применением методов биохимии, физиологии и т. д., описание которых мы опускаем ввиду их относительной сложности.

На основании изложенного читатель может составить представление о путях разработки проблемы искусственного регулирования пола у животных и ее исключительной сложности.

С теоретической точки зрения едва ли можно сомневаться в том, что Х- и У-сперматозоиды отличаются по своим физиологическим, биохимическим и другим особенностям, не исключая и различий в массе, а значит, и в от-

носителем весе. Следовательно, большинство приведенных подходов и методов фракционирования сперматозоидов исходит из правильных предпосылок. Однако все эти отличия, по-видимому, настолько малы, что их трудно уловить при помощи современных, еще недостаточно чувствительных методов исследования.

Для полноты картины необходимо кратко остановиться на итогах проведенных исследований. В целом они малоудовлетворительны, непостоянны и противоречивы. Один и тот же метод фракционирования в руках разных исследователей давал неодинаковые результаты. Так, например, в опытах на кроликах с электрофорезом нормальное соотношение самок и самцов (50 : 50) удавалось сдвинуть до соотношения 75 : 25.

Еще более обнадеживающие результаты были получены в опытах, в которых с нормальными крольчихами были спарены самцы, иммунизированные X-сперматозоидами. Потомство этих кроликов на 95% состояло из самцов и только на 5% из самок. Напротив, когда самцы-кролики были иммунизированы Y-сперматозоидами, потомство их от спаривания с нормальными самками на 80% состояло из самок и на 20% из самцов. Однако эти данные другим исследователям экспериментально подтвердить не удалось.

Приблизительно такие же противоречивые результаты были получены в опытах с другими животными и с применением других методов фракционирования сперматозоидов, на которых нет необходимости останавливаться подробнее.

Все это говорит о том, что проблема искусственного регулирования пола у млекопитающих, хотя и давно перешла из области фантазий на путь экспериментальной разработки, еще далека от окончательного решения, а созданные прямые методы непригодны для широкого практического использования.

* * *

В заключение настоящего раздела необходимо остановиться на недавних, получивших широкую огласку исследованиях английских авторов. Основная тема данной главы нашла своеобразное преломление в их опытах по сверххраненному распознаванию пола зародышей у кроликов. *

Как известно, оплодотворение яиц у млекопитающих, в том числе и у человека, происходит во время прохождения их через яйцеводы, после чего сразу же начинается их дробление и развитие зародышей. Странствуя свободно по яйцеводу, оплодотворенное яйцо достигает матки и внедряется в ее стенку, подготовленную к принятию зародыша через посредство гормональных стимулов. К этому моменту зародыш уже значительно продвинулся в развитии и представляет собой пузырек (шар), состоящий из одного слоя клеток (рис. 36).

Таким образом, в тот краткий промежуток времени, пока зародышевый пузырек еще не внедрился в стенку матки, его можно «вымыть» оттуда и произвести над ним нужные манипуляции. Пол зародыша на этой стадии можно определить по наличию телец Барра в клетках женского зародыша или по их отсутствию в клетках мужского зародыша. Для этой цели при помощи микроманипулятора из зародыша кролика вырезают 200—300 клеток и по ним определяют его пол. После этого зародыш вводят в матку исходной или другой, приемной самки для дальнейшего развития.

Этим способом авторы определили пол 80 кроличьих зародышей. Из них 48 погибли, не будучи в состоянии внедриться в стенку матки после операции, 14 зародышей погибли через некоторое время после внедрения и только 18 (22,5%) зародышей продолжали нормально разви-

* См. Список рекомендуемой литературы, источник 25 и 26.



Рис. 36. Ранний зародыш человека, состоящий из одного слоя клеток (бластула).

1 — зародыш состоит из 58 клеток (увеличено в 560 раз); 2 — зародыш из 117 клеток (увеличено в 450 раз).

ваться. Пол развившихся из них кроликов во всех случаях действительно совпал с установленным на основании заранее поставленного диагноза.

Такова фактическая сторона рассматриваемых опытов по сверххранному распознаванию пола у кроличьих зародышей. Какие вопросы, по мнению авторов, могут быть решены на основе разработанного ими метода исследования, который с таким же успехом можно применить и к человеку? Авторы полагают, что если послеоперационную смертность зародышей удастся свести к минимуму, то этот метод даст возможность регулировать пол потомства по желанию и данную методику применить в селекции сельскохозяйственных животных и в медицине. В последнем случае имеется в виду предупреждение рождений предположительно неполноценного мужского потомства в семьях с неблагоприятной наследственностью по мужской линии. Авторы, а вслед за ними и столь же склонные к сенсациям комментаторы их опытов не отказываются также от мысли

желанием как можно раньше узнать, родится ли у них мальчик или девочка, и делать отсюда соответствующие выводы.

По поводу этих предпосылок кратко можно сказать следующее. Во-первых, к вопросу искусственного регулирования пола в строгом смысле слова опыты этих авторов не имеют прямого отношения: они экспериментируют с зародышами, пол которых уже фиксирован в момент оплодотворения яиц, а возможность своеобразного «регулирования» пола, т. е. отбора зародышей нужного или желательного пола достигается ценой жизни зародышей другого, противоположного пола.

Во-вторых, более чем сомнительно, что рассматриваемый метод найдет применение в селекции сельскохозяйственных животных. Не вдаваясь в детали вопроса, в самой общей форме можно сказать, что в этой области науки существует ряд гораздо более простых и эффективных методов повышения продуктивности сельскохозяйственных животных, и сама идея использования этой методики в селекции сельскохозяйственных животных вызвала бы недоумение у любого селекционера.

В-третьих, и в общем на тех же основаниях позволительно усомниться в возможности применения этого метода и в медицине. Пол человеческого плода, если бы в этом возникла необходимость, можно определить, хотя и на несколько более поздней стадии беременности, несравненно более щадящим методом, совершенно не затрагивая и даже не касаясь самого зародыша. Изъятие из зародыша 200—300 клеток, т. е. вполне соизмеримой его части, едва ли может остаться для него безнаказанным во всех случаях, а сам метод предупреждения рождаемости предположительно неполноценного мужского потомства может оказаться источником возникновения столь же или еще более неполноценного потомства, но уже на другой, экспериментальной основе. Во всяком случае при выборе метода предупреждения рождаемости наследственно неполноценного потомства

у человека предпочтение будет отдано не тому, о котором идет речь.

Таким образом, рассматриваемые опыты не подкреплены серьезными научными доводами. Что же касается морально-этической стороны предполагаемого метода регулирования пола у человека в прямом и широком смысле слова, то он, по нашему мнению, также не вызовет благожелательного к себе отношения по крайней мере у женской половины наших читателей. Они легко могут представить те унижительные, противоестественные и просто небезопасные процедуры, которым они должны будут подвергнуться при попытке поставить знак равенства между исследовательской лабораторией и женской консультацией, между кроликом и человеком. Ниже мы затронем этот вопрос несколько подробнее.

БАБОЧКИ И ПТИЦЫ

Как было сказано выше, задача произвольного управления полами у бабочек и птиц с принципиальной точки зрения не отличается от таковой у млекопитающих с той лишь разницей, что у них по наличию X- или Y-хромосомы нужно было бы научиться различать не сперматозоиды, а неоплодотворенные яйца. Однако возможность использовать этот прямой подход для решения данного вопроса здесь ограничена самой природой, поставившей на этом пути пока что непреодолимые препятствия.

Для уяснения сущности этих препятствий уточним еще раз смысл понятия «яйцо». Яйцами или яйцеклетками мы называем зрелые неоплодотворенные женские половые клетки, независимо от их принадлежности к тому или иному виду млекопитающих, птиц, насекомых и т. д. Употребление этих понятий для обозначения женских зрелых половых клеток млекопитающих не влечет каких-либо терминологических затруднений. Возникновение яиц, их раз-

витие и дальнейшая судьба связаны с материнским организмом: в тех случаях, когда яйца оплодотворены, из них развиваются зародыши; если же оплодотворения не произошло, яйца выводятся из организма матери, причем это последнее событие происходит столь малозаметным образом, что не привлекает к себе внимания.

А теперь вспомним, что представляют собой снесенные в гнездо яйца птиц или отложенные на соответствующий субстрат яйца бабочек, о которых здесь идет речь. На общежитейском языке это тоже «яйца». Но это не гаметы, не те зрелые, но неоплодотворенные женские половые клетки в принятом здесь смысле, которые в рамках рассматриваемого вопроса представляли бы интерес для опытов по их фракционированию. У бабочек и птиц, так же как и у млекопитающих, оплодотворение яиц происходит в половых путях самок. Поэтому к моменту откладки «яйца» бабочек и птиц не только оплодотворены, но зачастую уже значительно продвинулись в развитии. Пол заключенных в них зародышей необратимо фиксирован в соответствии с составом половых хромосом еще в неоплодотворенных яйцах.

Вот почему с отложенными «яйцами» бабочек и птиц экспериментатору, увы, делать нечего; тот прямой путь, по которому исследователи идут в решении проблемы применительно к млекопитающим, к бабочкам и птицам неприменим.

Истинные любители курочек здесь могут остановить нас вопросом: все это так, поскольку речь идет об оплодотворенных яйцах (т. е. по принятому условию о яйцах в кавычках). Но если в стаде кур нет петуха, то куры несут неоплодотворенные яйца (т. е. яйца без кавычек). Может быть, с ними все же можно что-нибудь сделать?

Кто знает, может быть, и можно; ведь недаром говорят, что наука все может сделать, и это положение до известной степени правильно. Однако для решения поставленного вопроса надо было бы научиться не более и не менее

как искусственно оплодотворять снесенные и хитроумно упакованные в скорлупу и оболочку яйца, физиологическая готовность которых к оплодотворению, возможно, к моменту откладки уже частично или даже полностью утрачена.

Но и это еще не все и даже не главное. Для опыта, о котором идет речь, очевидно, надлежало бы взять яйца с уже известными данными в отношении их половых хромосом. Только тогда результаты опыта продвинули бы вперед решение проблемы искусственной регуляции пола у бабочек и птиц. В противном случае, т. е. без соблюдения этого условия, шансы на получение цыплят, например, женского пола остались бы в этом опыте такими же, как и у той расчетливой хозяйки, которая ожидает их как «милость от природы».

Таким образом, вопрос наших любезных хозяек дал возможность выкристаллизовать его сущность в форме следующей двухстадийной и очень сложной задачи: для фронтального наступления на проблему искусственной регуляции пола у бабочек и птиц необходимо было бы, во-первых, научиться дифференцировать еще не оплодотворенные яйца на типы с X- и Y-хромосомами и, во-вторых, разработать метод искусственного оплодотворения отложенных и физиологически несомненно перезрелых яиц.

К сказанному выше о трудностях решения второй части задачи прибавить больше нечего. Что же касается первого этапа исследований, т. е. дифференциации яиц на типы с X- и Y-хромосомами, то он внушает еще меньше надежды на успех. О более чем скромных достижениях в опытах по разделению смеси сперматозоидов на фракции с X- и Y-хромосомами было сказано выше. Несоизмеримо большие трудности стоят на пути решения этого вопроса применительно к отложенным неоплодотворенным яйцам: ведь масса яйца, в особенности у птиц, в миллионы раз превышает массу сперматозоида. И все же нерешенные вопросы и незакрытые проблемы не перестают питать любозна-

тельность ученых даже в тех случаях, когда их разработка наталкивается на непреодолимые трудности. Такова сущность науки, диалектика ее развития.

Под такой не вполне оптимистический вывод мы и расстанемся с нашими добрыми знакомыми — хозяйками и всеми другими поклонниками пернатых, независимо от подоплеки их интересов к проблеме искусственного регулирования пола. Общение с ними было полезно и много способствовало выяснению истины.

К взаимному разочарованию мы должны признать, что каждому куриному яйцу в буквальном смысле слова «написано на роду» развиваться в цыпленка именно этого, а не противоположного пола; что у приверженцев к пернатым пока что нет серьезных оснований рассчитывать на близкие и столь крупные успехи в науке, которые каждого из них сделали бы хозяином своего положения, и что им в ближайшие десятилетия не остается ничего другого, как «ожидать милостей от природы», отнюдь, конечно, не пренебрегая тем жизненным опытом, которым каждый из них, безусловно, обладает.

Что же касается промышленного птицеводства, то единственная возможность частичного решения вопроса, о котором идет речь, заключается в выбраковке цыплят менее желательного пола сразу по вылуплении их из яиц. Кратко об этом приеме было упомянуто в главе I. А теперь о нем несколько подробнее.

Если яйца для инкубации получить от кур-плимутроков и петухов-леггорнов, то вылупившиеся из таких яиц курочки унаследуют наряд отца, т. е. будут черные, а петушки — наряд матери, т. е. будут полосатые (см. рис. 1).

Однако у только что вылупившихся цыплят характерная для плимутроков полосатость еще незаметна — она проявляется значительно позже, по мере развития оперения. Здесь на помощь приходит другая особенность цыплят-плимутроков, а именно — наличие у них белого пятнышка на затылочной части головы и отсутствие его у

цыплят других пород кур. Это пятнышко хорошо выражено уже у только что вылупившихся цыплят, и именно по его наличию можно безошибочно отобрать курочек от петушков сразу по поступлении их из инкубатора и в дальнейшем использовать их применительно к направлению данного птицеводческого хозяйства. Этот прием, конечно, не решает проблемы искусственного управления полом у кур, но все же имеет определенное практическое значение.

Этот же метод нашел применение в промышленном шелководстве, причем здесь он дает возможность выбраковывать потомство менее желательного пола еще раньше, чем у кур, а именно — на стадии яиц или молодых гусениц. У тутового шелкопряда также известны свои «плимутроки» и «леггорны», т. е. расы бабочек, которые при соответствующих спариваниях (скрещиваниях) производителей дают возможность безошибочно различать яйца на самок и на самцов или вылупившихся из них гусениц по их окраске. А так как из мужских коконов шелка можно получить на 25—30% больше, то при помощи конвейера и фотоэлемента имеет смысл отсортировать их и только их передавать в дальнейшее производство: недобор шелка при этом будет перекрыт сокращением издержек на одну из наиболее трудоемких операций шелководства — выкармливание гусениц.

* * *

Итак, лобовая атака на проблему искусственного регулирования пола у бабочек и птиц при современном состоянии науки оказывается невозможной. Остается искать обходные пути решения вопроса — иногда они приносят неплохие результаты.

Применительно к упомянутой группе организмов положительные результаты получены в опытах с одним видом бабочек, а именно с тутовым шелкопрядом. Рассмотрим

В одном из них была поставлена задача получить исключительно женское потомство шелкопряда путем вмешательства в процесс созревания яиц. Основанием послужили известные к тому времени факты естественного и экспериментального девственного развития яиц у ряда насекомых и в том числе у тутового шелкопряда. Девственное, или партеногенетическое, развитие, т. е. развитие без оплодотворения, является приспособительным признаком и у разных организмов наблюдается с неодинаковой периодичностью и частотой.

Опыт сводился к проверке следующей догадки: если ничтожно малый процент неоплодотворенных яиц тутового шелкопряда может развиваться без оплодотворения и если из таких неоплодотворенных яиц возникают самки (ХУ), то, очевидно, они развиваются из тех яиц, при созревании которых редукционное деление выпало, не произошло (ХУ). Нельзя ли эти исключения сделать правилом и процент партеногенетических самок в потомстве существенно увеличить или даже довести до 100?

Эта догадка получила полное подтверждение. В результате серии предварительных опытов было найдено, что если незрелые яйцевые клетки (овогонии) оперативным путем извлечь из яичников бабочек и на 18 минут погрузить в воду при 46° , то редукционные деления в них будут полностью подавлены, а сами яйца приобретут способность к развитию без оплодотворения.

У бабочек-самок, как мы теперь знаем, имеются Х- и У-хромосомы. Вследствие выпадения редукционного деления в результате температурной обработки яиц их хромосомный состав останется неизменным и имитирующим тот случай, как если бы все нормально созревшие яйца с У-хромосомой (на самок) были оплодотворены сперматозоидами с Х-хромосомой. Если эти предположения правильны, то все развившиеся из неоплодотворенных яиц бабочки должны быть самками. Так оно и оказалось в действительности.

Эффективный метод искусственного партеногенеза состоит в активации неоплодотворенных яиц посредством погружения в горячую воду. Для этого необходимо извлечь яичники из тела неоплодотворенных самок, высвободить яйца из яйцевых трубочек посредством их протирания через тюлевое сито, промыть яйца под струйкой воды, высушить их на фильтровальной бумаге и спустя примерно 12 часов подвергнуть тепловому воздействию. Для этого яйца в марлевых мешочках надо погрузить на 18 минут в воду, нагретую точно до 46° , и затем охладить в течение 5—10 минут в воде комнатной температуры. В дальнейшем с неоплодотворенными активированными яйцами можно обращаться так же, как с нормально оплодотворенными.

В результате теплового воздействия часть яиц неизбежно погибала. Тем не менее средний выход партеногенетических самок был равен 55—60%, а в отдельных опытах достигал 82%.

Таким путем была решена первая часть задачи — получение у шелкопряда преимущественно женского потомства. Нельзя ли, однако, решить и вторую часть задачи — получение исключительно мужского потомства — тем более, что, как было сказано выше, мужские коконы тутового шелкопряда содержат шелка на 30% больше, чем коконы женские?

Успех сопутствовал и этим опытам, которые основывались на учете двух других биологических особенностей тутового шелкопряда.

Одна из этих особенностей, свойственная, впрочем, не только шелкопряду, но и вообще всем организмам, заключается в неодинаковой чувствительности цитоплазмы и хромосом половых клеток к повреждающему действию ионизирующей радиации и в том числе рентгеновых лучей.

Предварительными опытами была подобрана доза рентгеновых лучей, которая для половых клеток является абсолютно смертельной. Отмирание клеток наступает в резуль-

тате повреждения именно хромосом, а не цитоплазмы; последняя не утрачивает жизнеспособности даже от такой колоссальной дозы, которая в 500 раз превышает абсолютно смертельную дозу для человека, равную 600—700 рентгенам. Эта дифференциальная чувствительность хромосом и цитоплазмы яиц и была использована в опытах по получению у шелкопряда мужского потомства.

Опыт был спланирован следующим образом. Яйца нормальных самок, чтобы разрушить их ядра, облучали в теле бабочек перед оплодотворением большой дозой рентгеновых лучей. После оплодотворения самок сперматозоидами необлученных самцов свежесложенные яйца обрабатывали горячей водой (46°) в течение 18 минут, т. е. посредством того воздействия, которое легко побуждает неоплодотворенные яйца к девственному развитию.

Здесь следует пояснить одну особенность оплодотворения яиц шелкопряда, которая создает возможность развития облученных, т. е. безъядерных, яиц, оплодотворенных необлученными сперматозоидами. Такие яйца содержат гаплоидный, а не диплоидный набор хромосом и, казалось бы, не должны развиваться.

Дело в том, что в яйцо шелкопряда, как правило, проникает несколько сперматозоидов, из которых в нормальных случаях лишь один участвует в оплодотворении. В рассматриваемом же опыте, когда яйцо лишено своих хромосом, оплодотворение достигается слиянием ядер двух сперматозоидов. В результате число хромосом в оплодотворенных яйцах восстанавливается до нормального, диплоидного; вместе с тем восстанавливается и их способность к развитию.

Поскольку все сперматозоиды у шелкопряда одинаковы и каждый из них содержит X-хромосому, все возникающие в результате «двойного» оплодотворения безъядерные яйца будут содержать по две X-хромосомы. Следовательно, все развивающиеся из них бабочки должны быть самцами. Так оно и оказалось в действительности.



Рис. 37. Индейка, развившаяся из неоплодотворенного яйца.

Таким путем была решена и вторая часть задачи — получение у тутового шелкопряда исключительно мужского потомства. Оба эти приема нашли применение как в промышленном шелководстве, так и в исследовании других, чисто генетических вопросов, которых мы здесь не касаемся. Оба метода* весьма специфичны, а их результативность применительно к шелкопряду обусловлена его биологическими особенностями. Тем не менее рассмотренные опыты представляют большой те-

оретический и практический интерес. Они показали важность дифференциального подхода к решению проблемы в зависимости от биологических особенностей организмов; возможно, этот путь приведет к дальнейшим, еще более крупным успехам в управлении полом по желанию.

В заключение следует отметить, что случаи девственного развития яиц описаны также у дрозофилы и у индейки. Из 28 исследованных видов дрозофилы партеногенез наблюдался у 23. Однако его частота была крайне незначительна, а взрослые партеногенетические мухи были получены лишь у трех видов с частотой, равной 0,01—0,005%. Путем отбора родителей с большей склонностью к партеногенезу частоту партеногенетических особей удалось повысить до 1,5—0,7%.

Попытки стимулировать развитие неоплодотворенных яиц индейки иногда приводили к положительным результатам. На рис. 37 изображена одна такая партеногенетическая индейка. К моменту фотографирования она прожила 161 день, но характеризовалась рядом морфологических особенностей, заметно отличавших ее от нормальных индеек.

ИСКУССТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОЛА У ЧЕЛОВЕКА. СЛОЖНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Некоторым из наших читателей, вероятно, приходилось слышать, а может быть, и лично пережить мимолетное разочарование в связи с появлением на свет младенца не того пола, который был облюбован для него еще задолго до рождения. И не мелькнула ли у них мысль при виде заголовка настоящей главы провести некоторые параллели между тем, что было сказано о животных, и тем, как этот вопрос стоит по отношению к человеку? Другими словами, есть ли у этих читателей разумные основания полагать, что искусственное регулирование пола, хотя бы в отдаленном будущем, может быть применено и по отношению к человеку?

В рамках данной главы мы можем лишь кратко коснуться проблемы искусственного регулирования пола у человека и прежде всего подчеркнуть, что в данном случае она занимает особое положение по сравнению с тем, что выше было сказано по отношению к животным. Своеобразие этого положения заключается в том, что в буквальном, чисто практическом смысле слова возможность рождения детей определенного пола не заключала бы в себе никаких преимуществ, о чем подробнее будет сказано ниже. В то же время, будучи осуществлена в широких масштабах, эта возможность чревата опасностью возникновения таких ситуаций, которые в настоящее время не только трудно

предусмотреть, но и оценить их социальные и морально-этические последствия.

С некоторыми из подобных ситуаций мы сейчас и познакомимся — они помогут составить представление о сложности вопроса.

В процессе работы над настоящей главой книги мы провели опрос сотрудников одного научного учреждения, начиная со старших лаборантов, т. е. лиц с высшим биологическим или медицинским образованием, до докторов биологических и медицинских наук включительно. Опрос сводился к получению устного ответа на два следующих вопроса:

1. Знает ли опрашиваемый, почему он родился мальчиком (если это был мужчина) или девочкой (если собеседницей была женщина)?

2. Каково было бы отношение опрашиваемого к возможности по желанию производить на свет потомство определенного пола, если бы эта возможность на сегодня была решена с гарантией за успех и без риска для здоровья матери и ребенка?

Уже в пределах второго десятка опрашиваемых один из них, совсем молодой человек, кандидат биологических наук, на второй вопрос анкеты без малейшего колебания ответил: «Безусловно, положительное». «Почему?» — осведомился я, чтобы уточнить причины столь категорического и для него, по-видимому, совершенно ясного ответа. «Потому, — ответил он, — что этот метод новый, оригинальный, а все новое и оригинальное побеждает, обязательно побеждает». И, развивая свою мысль дальше, мой собеседник добавил: «Правда, на первых порах предпочтение в большинстве случаев отдадут мальчикам, и потому будет их перепроизводство. Но этого не следует бояться — недостающее количество девочек можно будет выращивать в колбах, по методу Петруччи (!)».

мож
осно
на м
торь
душ
расс
бы с
заци
рожа
го по
ствен
го не
выше
дида
доста
ручч
нию,
кажд
ная м
А
основ
го и
ли
средс
детор
берем
отнош
зана
сократ
ся ли
денци
* С
(Ел.)

Человек
Humphreys

возможность которого, как видно, допускают в связи или на основе искусственного регулирования пола у человека.

Сделаем теперь еще один шаг в том же направлении и на минуту согласимся с теми зарубежными авторами, которые искусственное регулирование пола у человека в будущем не только считают само собой разумеющимся, но и рассматривают как один из вспомогательных методов борьбы с угрожающим ростом народонаселения и его стабилизации на некотором определенном уровне.

Наиболее последовательные сторонники сокращения рождаемости на Западе делают своеобразный вывод из того положения, которое может создаться на основе искусственного регулирования пола, и в частности из численного неравенства мужчин и женщин, о котором упоминалось выше. В отличие от точки зрения нашего уважаемого кандидата наук, они не видят надобности в выращивании недостающего количества женщин в колбах по методу Петручки. Напротив, недостаток женщин нужно, по их мнению, искусственно поддерживать постоянно, поскольку каждая женщина должна рассматриваться как потенциальная мать и непосредственный поставщик лишних людей.*

Аналогичный вывод следует и из другой предпосылки, основывающейся на полной эмансипации женщин будущего и коренных изменениях в вопросах быта, семьи, морали и т. д. Применение надежных противозачаточных средств приведет к полному отделению половой жизни от деторождения и навсегда избавит женщину от страха забеременеть, когда это не устраивает ее в том или ином отношении. В вопросах половой жизни она не будет связана ничем, и это ее положение, несомненно, приведет к сокращению рождаемости. Поэтому ее сторонникам остается лишь искусственно поддерживать и усугублять эту тенденцию будущего.

* См., например, E. Mason. In: Biology and ethics. F. J. Ebling (Editor), Academic Press, 1969, p. 137.

Подобные примеры можно было бы приводить и дальше. Однако уже из сказанного с очевидностью следует, что проблема искусственного регулирования пола применительно к человеку и ее возможные последствия выходят далеко за рамки медицины и биологии. Поэтому в данном случае она должна рассматриваться не только с медико-биологической, но и с социальной и морально-этической точки зрения.

Необходимо также подчеркнуть, и это было показано выше, что практическое решение рассматриваемой проблемы еще не вышло из стадии эксперимента даже в применении к животным. Сказанное тем более справедливо по отношению к человеку. Поэтому, казалось бы, нет и достаточных оснований для ее широкого обсуждения по крайней мере в наши дни.

Тем не менее специальные и особенно популярные статьи на эти темы время от времени появляются в печати и привлекают к себе внимание широких кругов читателей. Размышления о судьбах будущих поколений сопутствовали человечеству на всех этапах его существования. В современном мире благодаря успехам науки и возможности их использования в разнообразных сферах человеческой деятельности и в том числе в искусственном регулировании пола у человека они приобрели еще большую значимость и остроту.

Поэтому, с одной стороны, естественно стремление некоторых авторов заглянуть в будущее и, исходя из современного состояния той области науки, о которой идет речь, попытаться представить ее влияние на судьбы будущего человечества.

С другой стороны, ко всяким таким прогнозам необходимо относиться с большой осторожностью. Любой прогноз в социологии может служить надежным проводником только в том случае, если его морально-этические предпосылки отвечают сокровенным чаяниям человечества.

202 Под этим углом зрения мы и рассмотрим некоторые общие

вопросы, которые косвенно и зачастую произвольно связывают с проблемой искусственного регулирования пола у человека.

* * *

Итак, обратимся прежде всего к проблеме быстрого роста народонаселения Земли. В последнее десятилетие о ней много говорят и пишут, а ее радикальное решение многие видят в ограничении рождаемости, которое, как это было видно, связывают с искусственным регулированием пола.

Действительно, лишь на рубеже XVIII и XIX столетий (приблизительно к 1815 г.) население Земли достигло одного миллиарда. Последующее увеличение народонаселения вдвое произошло всего за 115 лет (к 1930 г.). В настоящее время, т. е. еще через 40 лет, численность населения Земли достигла трех с половиной миллиардов, и при современных темпах размножения к началу будущего столетия составит около шести с четвертью миллиардов. Отсюда делают вывод, что совсем недалеко то время, когда человечество столкнется с острым недостатком продуктов питания и жизненного пространства.

На заре человечества численность народонаселения «регулировали» голод, болезни и враги, т. е. в первую очередь войны. Поскольку стрелки часов истории, а следовательно, и дальнейшие успехи медицинских и сельскохозяйственных наук остановить нельзя, остается единственный выход — резкое ограничение рождаемости.

По мнению зарубежных, наиболее последовательных сторонников ограничения рождаемости, библейский завет «плодитесь, размножайтесь и населяйте землю» не только устарел, но и перешел в свою противоположность. Такая же участь постигла относящуюся уже к нашим дням «Всемирную декларацию прав человека» — основной документ Организации Объединенных Наций (1968 г.), в котором, независимо от расовых, национальных или религиозных ограничений, утверждается право каждого мужчины и

женщины на брак и основание семьи. По мнению сторонников этой точки зрения, указанный документ безотлагательно должен быть дополнен другим — «Декларацией обязанностей человека», основной целью которого должны явиться ограничение рождаемости и стабилизация численности населения на некотором определенном уровне (курсив наш.— Н. М.).

По этому поводу можно сказать следующее. Во-первых, прирост населения в разных странах протекает далеко не равномерно, и в настоящее время оно увеличивается главным образом за счет стран Азии и Африки, сравнительно недавно вступивших на путь самостоятельного социально-экономического развития. Решающую роль в быстром росте населения этих стран сыграли два фактора — увеличение производства продуктов питания и улучшение медицинской помощи населению.

Во-вторых, мировые возможности производства продуктов питания далеко не исчерпаны, а их распределение по странам столь же не упорядочено. При современной и все повышающейся эффективности сельскохозяйственной науки и техники производство продуктов питания в самом недалеком будущем может быть увеличено по крайней мере втрое *, не говоря уже о неосвоенных ресурсах океанов и недалеких успехах в области искусственного синтеза белков и других пищевых продуктов.

* См., например, статью А. Иващенко «Хранители злаков», напечатанную в «Комсомольской правде» 21 мая 1971 г. В ней речь идет о методах повышения урожайности продовольственных культур и, между прочим, сообщается, что в одном из опытов 1963 г., проведенных в нашей стране, урожайность пшеницы достигла 95 ц на гектао.

В книге В. Мацкевича «Что мы видели в США и Канаде» (М., 1956, стр. 240) можно найти аналогичные сведения о высокопродуктивных породах сельскохозяйственных животных. Стоимость отдельных быков-рекордистов достигала 300 тысяч долларов (стр. 151).

Наконец, нижеследующая справка* дает представление о том, какие колоссальные богатства тратятся на цели, весьма далекие от решения одной из важнейших проблем современности. По свидетельству специалистов, за время своего существования НАТО истратило на вооружение 1300 миллиардов долларов. Если бы только одну месячную сумму расходов этой организации использовать для ирригации, то ее хватило бы для орошения пустыни Сахары! Все это говорит о том, что близкая опасность голода на почве перенаселения Земли, безусловно, преувеличена.

Что касается Советского Союза, то опасения может вызывать не чрезмерный рост численности населения, а скорее его падение, о чем подробнее будет сказано ниже. Следовательно, опасения перепроизводства населения в нашей стране являются необоснованными. Тем более не обоснована попытка усмотреть прямую связь между проблемами народонаселения и искусственного регулирования пола.

Наконец, следует заметить, что тенденция к падению темпов роста народонаселения в последние годы наметилась даже в таких странах, как США, где, как известно, имеются избытки продуктов питания, которые зачастую сбывают по низким ценам, а то и просто уничтожают. Это обстоятельство лишний раз говорит о том, что падение рождаемости имеет более глубокие причины, нежели просто нехватка продуктов питания, и что борьба за дальнейшее ее сокращение представляет собой не единственный путь решения продовольственной проблемы будущего.

ЧЕЛОВЕК И ОБЩЕСТВО

Всякий раз, когда речь заходит об искусственном регулировании пола у человека, беседа неизменно принимает оживленный характер. Действительно, на первый взгляд

* Н. Грибачев. Штыки и колосья.— «Известия», 1969, 6 декабря. В статье убедительно вскрыта искусственность проблемы

может показаться, что возможность рождения детей желаемого пола открывает какие-то совершенно новые, заманчивые перспективы как в личном плане, т. е. в рамках каждой отдельной семьи, так и в масштабах государства. Правильно ли такое представление?

Основу существования прочной, полнокровной семьи как элементарной единицы общества составляет взаимная забота ее членов об общем благополучии и стремление сделать жизнь будущих поколений возможно более счастливой.

Одним из немаловажных слагаемых благополучия и процветания семьи является чувство удовлетворенности ее членов от сознания важности выполняемого ими общественно полезного труда. В свою очередь результативность последнего, а следовательно, и полнота удовлетворенности находятся в прямой зависимости от увлеченности и преданности своему делу. Другими словами, плодотворная деятельность любого члена семьи и общества в конечном счете зависит от правильного выбора им своей специальности.

В жизни нередко можно наблюдать, что один человек как будто создан для той специальности, с которой связана его трудовая деятельность. У него все клеится, спорится, приносит ему успех, вдохновение и удовлетворенность. У другого, как говорят, все валится из рук. Оба эти крайние случая — яркая иллюстрация к тому общему положению, что каждый человек способен на многое, но мало кто знает — на что именно. Одни из главных секретов успеха в жизни и заключается в том, чтобы обнаружить, вскрыть этот талант, найти свое место в обществе.*

перенаселения Земли в сопоставлении с неиспользованными ресурсами и возможностями повышения плодородия.

* Проблема рационального выбора профессии, или так называемой «профессиональной ориентации», очень часто обсуждается на страницах нашей периодической печати. См., например, статьи

А теперь вместе с зарубежными авторами представим такое гипотетическое общество, в котором идея искусственного регулирования пола нашла всеобщее признание, а соответствующие специализированные поликлиники готовы предоставить полную возможность для ее осуществления.

Спрашивается, дало ли бы это исключительное новшество какие-то особые, до тех пор неизвестные преимущества супругам, которые вот-вот должны сделать выбор в пользу того или другого пола для своего будущего ребенка?

Едва ли и вот почему. С одной стороны, сокровенные помыслы супругов о месте будущего члена семьи в обществе, т. е. о его специальности, профессии и т. д., и в данном случае, безусловно, превалировали бы над всеми другими. В то же время в решении задачи, о которой идет речь, возможность произвольного выбора пола будущего члена семьи не заключала бы в себе никаких преимуществ.

В самом деле, какой бы смысл ни вкладывать в понятие равноправия мужчины и женщины, совершенно очевидно, что, поскольку между ними существуют глубокие физиологические различия, проблема равноправия будет существовать всегда, хотя и принимать разные формы осуществления на последовательных этапах развития общества. А если это так, то место любого члена в обществе не в последнюю очередь будет зависеть также и от того, будет ли он мужчиной или женщиной.

Следовательно, перед тем, как сделать окончательный выбор, супругам пришлось бы подвергнуть подробному сравнительному анализу такие критерии, как преимущества того или другого пола в жизни вообще; специфические особенности и даже трудности воспитания мальчиков и девочек; выгоды и невыгоды одних профессий, например чисто мужских, по сравнению с другими, главным образом

И. Назимова «Перед тысячью дорог» («Комсомольская правда», 1969, 10 января), С. Сягаспа «Не всякому по силам» («Медицинская газета», 1968, 9 августа).

женскими: ведь те и другие в действительности существуют, и с этим положением нельзя не считаться.

Наконец, на исход дискуссий несомненное влияние иногда могут оказать привычки, семейные традиции, возможно, сокровенные надежды на унаследование детьми тех специальных способностей, которыми обладают родители, и многие другие соображения — их перечень читатель без труда может продолжить сам.

Таким образом, перед каждой супружеской парой стояла бы следующая дилемма: положить ли в основу выбора пол, например мужской, и воспитание будущего мальчика направлять применительно к какой-то определенной мужской профессии, например военной, или же предпочтение отдать любимой профессии, скажем, балетному искусству, поставив на второе место другой программируемый признак потомка, т. е. пол, допустим женский, и т. д.

Шаткость таких построений очевидна, и ее легко показать на нескольких примерах. Допустим, что в семье выбор был сделан в пользу мальчика, будущую деятельность которого родители связывают с медициной. Но когда пришла пора решать этот вопрос не теоретически, а практически, то оказалось, что молодой человек не питает к медицине никакого влечения. В другой семье ставка была сделана на то, чтобы будущей девочке дать музыкальное образование и подготовить ее для работы именно в этой области искусства. Но в соответствующем возрасте оказалось, что у нее не только нет для этого никаких природных данных, но и проявился ярко выраженный интерес к совершенно иной сфере деятельности.

О возможных результатах этого воображаемого социального эксперимента, разумеется, можно лишь строить догадки. Выше уже было указано, что некоторые любители прогнозов склонны считать, будто бы при этой системе предпочтение в большинстве случаев будет отдано мальчикам, и на этой почве возникнет их «перепроизводство».

обществе
сомненно
действие
не после
социальн
когда из
женщин
рождаем
ственном
по мнени
сти на
роприяти
«улучши

Одна
выбор ро
которые бы
(100 дево
неизменн
теперь иг
нам X- и

В пре
альности
ной семье
для после
не меньше
не только
друга. Л
во всех с
возможн
и таланте
степень
жить ме
мнить, к
для реш
Совет
ского ти

8 и. и. м

общественного мнения и т. д.— сказать трудно, но несомненно одно, что соответствующее психологическое воздействие на общественное мнение может сыграть при этом не последнюю роль. Возникновение на этой почве опасных социальных последствий особенно возрастает в том случае, когда изменение в количественном соотношении мужчин и женщин произвольно связывают не только с ограничением рождаемости населения, но и с «улучшением» его в качественном (наследственном) отношении. Последняя цель, по мнению некоторых сторонников ограничения рождаемости на Западе, является логическим выводом из всех мероприятий в этой области и благоприятной возможностью «улучшить» качественный состав населения страны.

Однако не исключено, что при отсутствии влияния на выбор родителей привходящих социальных факторов, которые были упомянуты выше, численное равенство полов (100 девочек на 100 мальчиков) и в этом случае останется неизменным с той лишь разницей, что в его осуществлении теперь играла бы роль не мудрая природа в виде знакомых нам X- и Y-хромосом, а слепая игра вкусов родителей.

В предыдущем рассмотрении вопроса о выборе специальности во главу угла были положены интересы отдельной семьи как элементарной единицы общества. Однако для последнего рациональное решение этого вопроса имеет не меньшее значение, и интересы общества и семьи здесь не только не противоречат, но и взаимно дополняют друг друга. Лишь развитое общество с высокой специализацией во всех сферах деятельности может предоставить широкие возможности для выявления разнообразных способностей и талантов, скрытых в недрах человеческого общества, и степень и разветвленность этих возможностей может служить мерилom его развития. В этой связи нелишне вспомнить, какими возможностями располагает наша страна для решения рассматриваемого вопроса.

Советский Союз — государство особого, социалистического типа. В основу его организации (конституции) по-

ложен принцип равноправного содружества многих национальностей в достижении единой цели — построении бесклассового общества. Этот принцип пропизывает основные законы нашего государства, деятельность его всех, больших и малых, государственных организаций, все правила и нормы человеческого общежития.

В многомиллионной семье советских людей одинаково уважаемы все народы: русский и украинец, узбек и туркмен, бурят и «друг степей — калмык». В ней одинаковыми заботами окружены и одинаковыми правами пользуются мальчики и девочки, колхозники и колхозницы, работницы и рабочие, исследователи морских глубин и покорители космоса. Поистине прямые и широкие дороги открыты у нас ко всем вершинам науки, техники, искусства!

Одним из важнейших факторов роста могущества нашей страны является широкое использование достижений науки и техники и как следствие этого — стирание граней между трудом мужским и женским, умственным и физическим. На этой почве зародилась и окрепла всеобщая тяга молодежи к овладению знаниями, она стала одной из наиболее ярких тенденций современности.

И все жаждущие знаний не обойдены вниманием. Перелистайте, читатель, такие издания, как Справочники для поступающих в высшие и средние учебные заведения страны. Потребовались сотни страниц убористого шрифта для перечисления 794 высших учебных заведений, в том числе 47 университетов, 82 медицинских институтов, более 400 инженерных и технических вузов и т. д., и 4129 средних специальных учебных заведений.* Их двери открыты для всех и, конечно, в первую очередь для молодежи. Выбирайте любой вуз, любую специальность — от астрономии до балета, но не по принципу — все равно какой

210 * Справочник 1969 г.; «Известия», 1970, 10 апреля; Статистический сборник. М., «Статистика», 1970.

(учиться чему бы то ни было похвально, хотя бы только потому, что без этого нынче просто нельзя), а тот, о выборе которого говорит весь опыт, приобретенный в семье, в школе, в спецкружке, доме пионеров и т. д. и т. п. Понятно, что решение этого важного вопроса налагает на родителей гораздо бóльшую ответственность, чем отвлеченные рассуждения о том, куда «пристроить» в будущем сына или дочь.

МЕДИЦИНСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Здесь необходимо остановиться на тех относительно редких, специальных случаях, решение которых также необоснованно связывают иногда с проблемой искусственного регулирования пола у человека. При этом имеются в виду семьи с неблагоприятной наследственностью и с большим риском рождения в них больного потомства. А так как целый ряд наследственных болезней проявляется только у мужчин, то диагноз пола плода во время беременности дал бы возможность оценить степень риска рождения больного ребенка (т. е. мальчика) и поставить вопрос об аборте. Очевидно, что во всех таких случаях речь идет не о регулировании пола в собственном смысле слова, а лишь о раннем распознавании пола плода в период беременности, что, конечно, не одно и то же.

Здесь на помощь приходит относительно простой метод, а именно — исследование клеток, свободно плавающих в окружающей плод жидкости (околоплодной, или так называемой амниотической жидкости). По наличию или отсутствию в этих клетках телец Барра определяют пол плода и в соответствии со степенью риска рождения больного ребенка решают вопрос об аборте.

Вернемся на минуту к опытам английских авторов, привлечших незаслуженно широкое внимание в связи с их претензиями регулировать пол потомства на основе разработанного ими метода сверхраннего распознавания пола

зародышей у кроликов. Шаткость научных оснований их опытов была показана выше.

В применении к человеку опыты этих авторов не выдерживают критики и с морально-этической точки зрения: апробация их метода и объекта исследования предполагала бы неограниченную привилегию авторов манипулировать с зародышами человека столь же свободно, как с зародышами кроликов и крыс, и их смерть рассматривать как нормальный исход большинства опытов.

Мало помогла бы авторам и та аргументация, что с рассматриваемой точки зрения их опыты не более аморальны, чем аборт, которые легально разрешены во многих странах мира.

Действительно, начиная с момента внедрения зародышевого пузырька в стенку матки, беременность можно прервать на протяжении длительного отрезка времени. Тем не менее, руководствуясь древнейшим правилом медицины — прежде всего не вреди (*primum non nocere*), при производстве абортов предпочтение отдают наиболее ранним стадиям беременности: аборт — не безразличное для женщины вмешательство, в особенности если оно повторяется неоднократно. Только с этой точки зрения медицинский аборт и надлежит рассматривать и прибегать к нему лишь тогда, когда иного выхода нет. Как бы то ни было, любой способ прерывания беременности есть убийство начавшего развитие человеческого существа — независимо от того, последовало ли оно на стадии зародышевого пузырька или гораздо позднее. Поэтому с морально-этической точки зрения нельзя ставить знак равенства между абортом и противозачаточными средствами.

Наконец, необходимо подчеркнуть и здесь, что определение пола раннего зародыша путем изъятия из него значительного количества клеток представляет собой весьма серьезное вмешательство, связанное с большим риском развития на этой почве ненормальных плодов, уродств и т. д.

МОРАЛЬНО-ЭТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

В заключение настоящего раздела необходимо остановиться на двух важных предпосылках, из которых авторы прогнозов будущего общества исходят как из неизбежных и не требующих доказательства. Одна из этих предпосылок касается особенностей развития науки и научно-технического прогресса, другая — относительности морально-этического кодекса современности.

Действительно, зачастую опережая социальные преобразования, наука развивается по своим, присущим ей законам, и результаты научных открытий вторгаются в нашу жизнь, не всегда считаясь с нашими благими пожеланиями. Однако отсюда вовсе не следует, что этот процесс всегда неотвратим и что с ним бессмысленно бороться даже в тех случаях, когда использование научных открытий таит в себе опасные социальные последствия.

Атомная бомба, на которую обычно ссылаются как на пример такой неотвратимости, скорее говорит обратное. После взрыва первой атомной бомбы прошло четверть века. За это время она нигде не была сброшена, и есть основания надеяться, что она не будет взорвана и в будущем. Поворот общественного мнения в этом направлении произошел не самопроизвольно, не без активной борьбы широких слоев населения и самих ученых — создателей этого оружия.

То же самое можно сказать о любом другом фундаментальном открытии и в том числе об искусственном регулировании пола. Использование этого приема применительно к животным оправданно со всех точек зрения. По отношению к человеку это было бы противоестественно, а при некотором стечении обстоятельств — связано с опасными социальными последствиями. Поэтому позиция исследователя метода, о котором идет речь, была бы по меньшей мере непоследовательна, если бы, признав неправомерность применения данного метода к человеку, он

умыла бы руки в его возможных последствиях. Кто как не непосредственные авторы открытия и исследователи вопроса могут всесторонне оценить его значение и соответствующим образом влиять на формирование общественного мнения?

В принципе не вызывает сомнения и другая предпосылка авторов прогнозов, а именно, что морально-этический кодекс общества не остается неизменным. По их мнению, со временем он может претерпеть настолько глубокие изменения, что отдельные статьи свода, которые принято считать аморальными в настоящее время, будут признаны естественными в будущем. Однако, принимая во внимание важность тех изменений, о которых идет речь, следует подчеркнуть, что их предполагаемая неизбежность является не более как игрой воображения авторов подобных прогнозов.

Действительно, морально-этический кодекс трансформируется вместе с развитием общества, отражает основные черты его организации, философию морали. Одни статьи кодекса и обычаи в самом деле скоропреходящи, другие — удивительно постоянны. Так, еще сравнительно недавно еретиков сжигали на кострах во спасение их душ, а мальчиков — певчих католических хоров — во славу бога кастрировали для сохранения неповторимого тембра их голоса. Упомянутые и многочисленные другие обычаи, освященные господствовавшей в свое время моралью, навсегда ушли в прошлое.

Такую же участь разделили (или, во всяком случае, находятся в периоде отмирания) обычаи убийства в семье лишних детей (у некоторых народов и племен преимущественно девочек), убийства или самоубийства стариков и больных, каннибализма, родовой мести и т. д. В основном эти обычаи были распространены среди народов и племен, ведущих бродячий полуголодный образ жизни.

Некоторые из только что перечисленных обычаев в строгом смысле слова даже нельзя рассматривать как амо-

ральные, поскольку понятие этического предполагает выбор какого-то одного поступка из нескольких возможных. Очевидно, что никакие моральные критерии неприменимы к действиям и поступкам, которые в данной ситуации являются неизбежными: в самом деле, в условиях постоянного жесточайшего голода жертва одного или нескольких членов семьи — единственная возможность избежать поголовного вымирания племени.

Однако в отличие от только что упомянутых многие правила и обычаи общественного поведения сохранились неизменными на протяжении всей истории человечества. Таковы институт семьи и забота родителей о благополучии и счастье детей, гуманизм в самом широком смысле этого слова, нравственное совершенствование на основе опыта предшествовавших культур и общественных формаций и т. д. Все эти факторы сыграли важную роль не только в развитии человеческого общества, но и в эволюции человека как вида. Жизненность этих принципов сама по себе говорит о их чрезвычайно важном значении для общества. Они не утратят своего значения и в будущем.

Каким представляют себе общество будущего некоторые сторонники прогнозов на Западе? По их мнению, старое представление о том, что главное назначение женщины — быть женой и матерью — отомрет и что ее свободная половая жизнь станет для нее чуть ли не единственной радостью жизни. На этой почве контроль рождаемости облегчится настолько, что многодетные семьи будут рассматриваться как явление антиобщественное, а каждый новый ребенок явится угрозой общественному благополучию и т. д. и т. п.

Едва ли есть необходимость приводить дальнейшие штрихи к портрету женщины и характеристике общества будущего, каким представляют их некоторые авторы.* Что и говорить — неуютно будет жить в таком обществе!

* См. Список рекомендуемой литературы, источник 31.

Наше социалистическое государство исходит из других идеалов и предпосылок, закладывая фундамент общества будущего. В нем не утратят своего значения все те гуманные морально-этические принципы, которые впитали в себя опыт истории человечества. Напротив, в обществе будущего они расцветут с новой силой.

В нем, несомненно, сохранит свое значение семья как элементарная социальная единица и как один из источников личного счастья. В обществе будущего, сколь бы совершенным ни был уровень его технического развития, человек не удовлетворится лишь тем, что всю жизнь будет нажимать на кнопки, рычаги, заниматься бесконечными расчетами конструкций и т. д., — ничто не заменит ему тех чувств, которые приносит семья.

Несмотря на неутешительные, если не сказать оскорбительные, прогнозы, мы осмелимся высказать уверенность в том, что женщина будущего не утратит те благородные душевные черты, которые нашли отражение в лучших произведениях литературы и искусства. Что бы ни говорили о якобы неизбежной трансформации морального облика женщины будущего, ее священное биологическое и социальное предназначение — воспроизведение потомства. Так она устроена природой, которая регулярно напоминает ей об этом тринадцать раз в году. Другое дело — те социальные условия, в которых живет современная женщина, и в частности тот цикл вопросов, который связан с участием женщины в общественном труде и на котором стоит кратко остановиться, несмотря на то, что в целом он выходит за рамки данной главы.

ЖЕНЩИНА И ОБЩЕСТВО

Проблема равноправия мужчины и женщины в течение многих веков служила лозунгом в борьбе против морально-правового, экономического и политического бесправия женщины и нашла яркое отражение в многочисленных

трудах выдающихся мыслителей прошлого. Л. Н. Толстой посвятил этому вопросу следующие строки, написанные на рубеже текущего столетия: «Женщины стараются нам доказать, что они могут делать все то же, что и мы, мужчины. Я не только не спорю с этим, но готов согласиться, что женщины могут делать все то, что делают мужчины, и даже, может быть, и лучше. Но горе в том, что мужчины не могут делать ничего, близко подходящего к тому, что могут делать женщины.

Да, это, несомненно, так, и это касается не одного рождения, кормления и первого воспитания детей; но мужчины не могут делать того высшего, лучшего... дела — дела любви, дела полного отдания себя тому, кого любишь, которое так хорошо и естественно делали, делают и будут делать хорошие женщины. Что было бы с миром, что было бы с нами, мужчинами, если бы у женщин не было этого свойства и они не проявляли бы его. Без женщин... телеграфистов, адвокатов, ученых, сочинительниц мы обойдемся, но без матерей, помощниц, подруг, утешительниц, любящих в мужчине все то лучшее, что есть в нем, и незаметным внушением вызывающих и поддерживающих в нем все это лучшее, — без таких женщин плохо было бы жить на свете».*

За прошедшие с тех пор десятилетия в мире многое изменилось. В России произошла революция, впервые в истории человечества женщина обрела полные права наравне с мужчиной и убедительно доказала, что она действительно способна на многое.

Однако огромное напряжение духовных и физических сил, связанное с активным участием советских женщин во всех сферах общественной деятельности, все ускоряющийся темп жизни и другие факторы породили новые социальные проблемы: падение рождаемости в стране, детность и

* Л. Н. Толстой. Послесловие к чеховской «Душечке». Цит. по кн.: И. А. Кассирский. О врачевании. М., «Медицина», 1970, стр. 38.

многодетность семьи, ее роль в воспитании детей и т. д. В настоящее время все эти вопросы весьма оживленно обсуждаются женщинами в печати. Диапазон высказанных точек зрения чрезвычайно широк. Вот некоторые из них. *

«Веками борясь за право быть наравне с мужчинами, мы, это право завоевав, стали подражать им, сами того не понимая, что это тоже своего рода рабство. Разве в этом удел, предназначение женщины — быть как они, мужчины?»

«А может, стоит тем же ученым для окончательного утверждения равенства женщин и мужчин начать разрабатывать облегченные конструкции отбойного молотка, доменной печи, попытаться облегчить труд летчика-испытателя?»

«Никто не призывает мужчин оставаться мужчинами, а вот аналогичные призывы, обращенные к женщине, раздаются все чаще и чаще».

«Не кажется ли вам, товарищи женщины, что наше равноправие дошло до точки? — Кажется, очень даже кажется. И давно».

«Узкая специализация, особенно в области технических наук, упорная одержимость делом — как они ограничивают духовное лицо женщины!»

«Лик советской мадонны потускнел!»

А вот что говорят сторонницы другой, противоположной точки зрения.

«Люди, как бы ни расходились их мнения по вопросу — иметь детей или не иметь, как правило, остаются едины в одном — человек, воспитавший много детей, — герой. Я не согласна с этим. Конечно, вырастить трех, четырех, пяти-рых детей трудно. Но, на мой взгляд, это еще не героизм. И потом: правильно ли мы поступаем, призывая к увеличению рождаемости в нашей стране? Мне кажется, населе-

ние и так увеличивается довольно быстрыми темпами. Как понять это противоречие?»

«Иметь детей считается несовременным. Чем выше роль женщины в обществе, тем меньше у нее детей. Чем она интеллигентнее, тем меньше хочет заниматься кухней. Женщина, как и мужчина, хочет утвердить себя, свою личность. Материнство этому мешает».

«Я думаю, что считать детей целью жизни — глупо. Дети — цветы жизни. Но они прекрасны на чужом подоконнике».

В этом разноголосом хоре нет ничего удивительного. Выразительницы столь противоречивых точек зрения — конкретные женщины со всеми их достоинствами и недостатками. Отношение каждой из них к обсуждаемому вопросу годами складывалось под влиянием многих факторов как в чистом виде, так и в их многочисленных сочетаниях. К ним относятся семья, воспитание, образование, сфера общения, печать, радио, телевидение и т. д. Сюда же и далеко не в последнюю очередь следует отнести физическое здоровье женщины. Поэтому при обсуждении рассматриваемых вопросов, конечно, нельзя рассчитывать на однозначное и одинаково благожелательное к ним отношение.

Нельзя, например, убедить принципиальных противников детей в том, что без них супружеская жизнь неполноценна, а не в супружестве — тем более, или малодетных супругов в том, что, если по образовательному цензу и общественному положению они, как правило, стоят выше их многодетных антиподов, то в отношении нравственного богатства и полноты личного счастья такой вывод был бы опрометчив. В отдельных случаях, а может быть, и нередко дело обстоит как раз наоборот.

Можно по-разному относиться к женщине, которая «цветами жизни» (т. е. детьми) предпочитает любоваться «на чужом подоконнике», если только она вообще не утратила этой способности — прибавим мы от себя. О такой

женщине одни читатели, несомненно, отозвались нелестно, другие, возможно, присовокупили бы к этому, что при таких взглядах на материнство ей, дескать, и вообще нельзя доверять воспитание детей, и, пожалуй, были бы по своему правы.

Однако правильнее будет сказать, что автор письма, о котором идет речь, заслуживает самого пристального внимания и благожелательного к себе отношения: в свои 23 года она попросту не знает жизни, совершенно к ней не подготовлена.

В данной связи нельзя обойти молчанием письмо другой читательницы «Комсомольской правды»: она сетует на отсутствие серьезных печатных трудов, к которым можно было бы обратиться за советом. Действительно, книг, которые получили бы постоянную прописку на полке каждой молодой женщины и, как мудрый и добрый собеседник, будоражили бы мысль, нравственно и целомудренно воспитывали женщину, указывая истинное место ее в жизни,— таких книг, действительно, нет. А в них-то наши женщины нуждаются все больше и больше. И успех таких книг у читательниц был бы несомненным.

В статье И. Руденко* живо описано, как сотрудницы одного из московских конструкторских бюро подвергли ее статью коллективному обсуждению и, усомнившись в достоверности приведенных в ней фактов, отправили в Ригу свою делегатку — 24-летнюю Тамару — с поручением — все проверить на месте и по возвращении подробно доложить. Деньги на билеты и дорожные расходы подруги собрали вскладчину; не исключено, что по этому же принципу они выполняли работу Тамары за время ее отсутствия.

Из далекого Иркутска с аналогичной целью прибыл представитель одного комбината, на котором работают две тысячи женщин. Они также читали и с жаром обсуждали

эту статью на общем собрании и тоже послали в Ригу своего делегата — на этот раз мужчину. Тот приехал с магнитофоном, детально все осмотрел, беседу записал на пленку и т. д.

Номер газеты со статьей И. Руденко, посвященной жительнице Риги М. К. Копыловой, доктору наук и матери десяти детей,* уже давно лежит в подшивке, а поток звонков, писем, делегатов не прекращается. Не правда ли, столь широкий резонанс и такая реакция женщин на статью и трогают, и умиляют? В них отразились самые возвышенные душевные порывы и сомнения, сокровенные думы и надежды. Поистине это сюжет, достойный пера большого художника.

А теперь немного статистики. С одной стороны, две последние переписи показали, что население Советского Союза с 208,8 миллиона человек в 1959 г. увеличилось до 241,7 миллиона человек в 1970 г., т. е. на 16% **. С другой стороны, данные табл. 10 показывают, что коэффициент рождаемости по стране неуклонно падает: с 1926 по 1969 г. он уменьшился с 44 до 17‰***. Некоторые читатели «Комсомольской правды» недоумевают: как понять это противоречие?

Дело в том, что в общий прирост населения страны входят составной частью несколько таких слагаемых, которые к коэффициенту рождаемости не имеют отношения. Сюда относятся увеличение продолжительности жизни людей пожилого и старого возрастов, резкое сокращение детской смертности и некоторые другие факторы.

Что же касается прироста населения за счет новорож-

* См. Список рекомендуемой литературы, источник 27.

** Народное хозяйство СССР в 1969 г. Статистический сборник. М., «Статистика», 1970.

*** Значком ‰ принято выражать значение того или иного показателя — в данном случае коэффициента рождаемости — на 1000 человек населения, откуда и его обозначение — промилле, т. е. на тысячу.

Таблица 10. Численность населения СССР, рождаемость, смертность и естественный прирост *

Годы	Численность населения (млн. человек)	На 1000 человек населения			Умерло детей в возрасте до одного года на 1000 родившихся
		родилось	умерло	прирост (‰)	
1913	159,2	—	—	—	—
1926	—	44,0	20,3	23,7	174
1928	—	44,3	23,3	21,0	182
1937	—	38,7	18,9	19,8	170
1938	—	37,5	17,5	20,0	161
1939	—	36,5	17,3	19,2	167
1940	194,1	31,2	18,0	13,2	182
1950	178,5	26,7	9,7	17,0	81
1951	181,6	—	—	—	—
1952	184,8	—	—	—	—
1953	188,0	—	—	—	—
1954	191,0	—	—	—	—
1955	194,4	25,7	8,2	17,5	60
1956	197,9	25,2	7,6	17,6	47
1957	201,4	25,4	7,8	17,6	45
1958	204,9	25,3	7,2	18,1	41
1959	208,8	25,0	7,6	17,4	41
1960	212,4	24,9	7,1	17,8	35
1961	216,3	23,8	7,2	16,6	32
1962	220,0	22,4	7,5	14,9	32
1963	223,5	21,1	7,2	13,9	31
1964	226,7	19,5	6,9	12,6	29
1965	229,6	18,4	7,3	11,1	27
1966	232,2	18,2	7,3	10,9	26
1967	234,8	17,3	7,6	9,7	26
1968	237,2	17,2	7,7	9,5	26
1969	239,5	17,0	8,1	8,9	26
1970	241,7				

* Народное хозяйство СССР в 1969 г. Статистический сборник. М., «Статистика», 1970.

денных, то, как сказано выше, среднее значение этого показателя по стране равно 17‰. Однако эта цифра, как всякая средняя, лишь приблизительно отражает истинное значение коэффициента рождаемости и ничего не говорит о рождаемости в отдельных республиках. В действительности же, если в Среднеазиатских республиках и в Азербайджане коэффициент рождаемости значительно выше 17‰, то в Прибалтийских республиках, на Украине и в некоторых других районах Союза он гораздо ниже этого значения (табл. 11). Во всяком случае для $\frac{4}{5}$ населения коэффициент рождаемости равен 14‰, и только для $\frac{1}{5}$ населения он равен 30‰. Следовательно, если по стране в целом коэффициент рождаемости за последние 43 года упал с 44 до 17‰, то с учетом этой поправки для $\frac{4}{5}$ населения страны он упал еще ниже — до 14‰, т. е. в три раза.

Возникает вопрос, какие государственные меры следует принять для того, чтобы не только приостановить дальнейшее падение рождаемости, но и существенно повлиять на благоприятное развитие связанных с ней проблем?

На этот вопрос ответили сами участницы дискуссии. Отвлекаясь от частных, сущность высказанных ими предложений можно было бы свести к двум основным. Одно из них заключается в неотложном привлечении внимания широких слоев населения к вопросам брака, детности, семьи всеми средствами — через газеты, журналы, радио, телевидение и т. д. Другое предложение — материально-правового характера. Оно хорошо сформулировано одной из участниц дискуссии и заслуживает того, чтобы его привести дословно. «Пока воспитание детей будет рассматриваться как частное дело супругов, а не как общественно полезный труд, в результате которого создается главная ценность — люди, пока за этот труд не будут платить, как за всякий другой, рождаемость будет неуклонно падать».*

* См. Список рекомендуемой литературы, источник 27.

Таблица 11. Рождаемость, смертность и естественный прирост
(из расчета на 1000 человек населения, ‰)

Административные единицы	Численность населения на 15 января 1970 г. (в тысячах человек)	1940 г.		
		число родившихся	число умерших	прирост
СССР	211 718	31,2	18,0	13,2
РСФСР	130 090	33,0	20,6	12,4
Украинская ССР	47 136	27,3	14,3	13,0
Белорусская ССР	9 003	26,8	13,1	13,7
Узбекская ССР	11 963	33,6	13,2	20,4
Казахская ССР	12 850	41,1	21,6	19,5
Грузинская ССР	4 688	27,4	8,8	18,6
Азербайджанская ССР	5 111	29,4	14,7	14,7
Литовская ССР	3 129	23,0	13,0	10,0
Молдавская ССР	3 572	26,6	16,9	9,7
Латвийская ССР	2 365	19,3	15,7	3,6
Киргизская ССР	2 933	33,0	16,3	16,7
Таджикская ССР	2 900	30,6	14,1	16,5
Армянская ССР	2 493	41,2	13,8	27,4
Туркменская ССР	2 158	36,9	19,5	17,4
Эстонская ССР	1 357	16,1	17,0	—0,9

* Народное хозяйство СССР в 1969 г. Статистический сборник. М., «Статистика», 1970.

Из числа мероприятий материально-правового характера едва ли не на первое место следует поставить необходимость зачитывать в трудовой стаж женщины-матери рождение и воспитание каждого ребенка. Эта льгота, наряду с существующими в настоящее время другими *

* Н. Н. Кочмарев. Государственное пособие многодетным матерям.— «Здоровье», 1971, № 6, стр. 32.

Населения по СССР в целом и по отдельным республикам

1950 г.			1960 г.			1969 г.		
число ро- дившихся	число умерших	прирост	число ро- дившихся	число умерших	прирост	число ро- дившихся	число умерших	прирост
26,7	9,7	17,0	24,9	7,1	17,8	17,0	8,1	8,9
26,9	10,1	16,8	23,2	7,4	15,8	14,2	8,5	5,7
22,8	8,5	14,3	20,5	6,9	13,6	14,6	8,6	6,0
25,5	8,0	17,5	24,4	6,6	17,8	15,9	7,4	8,5
30,9	8,8	22,1	39,9	6,0	33,9	32,7	5,9	26,8
37,6	11,7	25,9	37,3	6,6	30,7	23,5	6,2	17,3
23,5	7,6	15,9	24,7	6,5	18,2	18,7	7,5	11,2
31,2	9,6	21,6	42,7	6,7	36,0	29,3	7,0	22,3
23,6	12,0	11,6	22,5	7,8	14,7	17,4	8,7	8,7
38,9	11,2	27,7	29,2	6,4	22,8	18,9	7,4	11,5
17,0	12,4	4,6	16,7	10,0	6,7	14,0	11,1	2,9
32,4	8,5	23,9	36,9	6,1	30,8	30,1	7,5	22,6
30,4	8,2	22,2	33,5	5,1	28,4	34,7	6,1	28,6
32,1	8,5	23,6	40,1	6,8	33,3	22,8	5,2	17,6
38,2	10,2	28,0	42,4	6,5	35,9	34,3	7,0	27,3
18,4	14,4	4,0	16,6	10,5	6,1	15,5	11,3	4,2

имела бы очень важное психологическое значение, поскольку при современной большой подвижности молодого взрослого населения, связанной с отъездом на работу в отдаленные районы страны, родители на склоне жизни зачастую остаются без кормильцев, а одинокие матери — без пенсии.

Нет серьезных оснований для опасения, что осуществление упомянутых мероприятий уже в недалеком будущем приведет к перепроизводству населения. Напротив, преодоление психологического барьера в общественном мнении будет очень медленным, вследствие чего падение рождаемости в течение какого-то периода будет продолжаться и дальше. Поэтому мероприятия, о которых идет речь, являются не только своевременными, но и безотлагательными.

Равным образом можно не сомневаться в том, что «новый курс» встретит всеобщее и единодушное признание. Ничем не стесненная свобода женщины — избрать ли сферой деятельности общественно полезный труд или, повинаясь естественному велению природы, молодые годы своей жизни посвятить благородному долгу материнства — послужит ей лишним поводом для размышления и нравственного возрождения. Но нелегкий путь материнства требует жертв со стороны женщины и соответствующего внимания со стороны общества. Наша святая обязанность — окружить ее этим вниманием.

* * *

Итак, все аргументы против искусственного регулирования пола у человека исчерпаны, и пора подвести итоги. Обсуждая вопрос со всех точек зрения, позволительно также усомниться, в самом ли деле искренни сетования супругов на слепую игру природы, подарившей им дитя не того пола, который был облюбован ими задолго до рождения?

Мы думаем, что это не так. Любовь матери к новорожденному сыну едва ли будет надломлена тем, что он появился на свет там, где ожидали девочку. Точно также вряд ли можно сомневаться в том, что третья или даже четвертая девочка в прочной, полнокровной семье будет столь же желанной, как и все предыдущие. Напротив, мы склонны думать, что сама мысль о том, что на свет появилось дитя не того пола, впоследствии покажется матери

кошунственной и перед лицом собственной совести послужит ей лишним поводом для самоанализа и внутреннего самоусовершенствования.

Поэтому применительно к данному вопросу будет со всех точек зрения совершенно естественным оставаться в плену той самой НЕИЗВЕСТНОСТИ, которая составляет одну из прелестей нашего существования.

Да и только ли пол будущего ребенка скрыт от нас покровом неизвестности? С таким же основанием можно было бы составлять гороскопы и наперед расписать все главнейшие события жизни, включая дату смерти. Все окружающие нас живые существа, в том числе и мы сами, смертны, но знать это дано только человеку. Тем не менее сознание этой предопределенности не мешает ему наслаждаться жизнью до последней минуты, в то время как жизнь по гороскопу, вероятно, была бы невыносима.

Поэтому оставим в неведении и мать до самого появления младенца на свет. Это принесет ей максимум счастья и не только само по себе, но в какой-то мере и потому, что неизвестное становится известным в самый последний момент, неожиданно.

Разумеется, было бы опрометчиво полагать, что развиваемый нами тезис о вредности и аморальности искусственного регулирования пола у человека встретит всеобщее и единодушное одобрение. Свидетельством служит уже один тот факт, что сама постановка этого модного вопроса иногда исходит от прямых или косвенных исследователей проблемы пола и при посредстве их самих или склонных к сенсациям популяризаторов выносится на незаслуженно широкое обсуждение. Не исключено, что развиваемые в таких сочинениях идеи и найдут благожелательное отношение со стороны некоторых женщин, и они пожелают стать объектами подобных опытов — в жизни все может быть, включая умерщвление нескольких плодов нежелательного пола в угоду одному, желательному. Таких женщин мы можем только искренне пожалеть.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие любой области науки подобно восхождению на высокогорный массив, высочайшие пики которого окутаны непроницаемым туманом. По мере подъема на гору все дальше отступает горизонт и все более расширяется сфера обзора. Перед изумленным взором восходителя в суровом ландшафте взбунтовавшейся и застывшей стихии открываются новые подробности. На смену привычным, равнинным представлениям и масштабам приходят иные картины и детали, позволяющие охватить обширные пространства, скрытые до тех пор от взгляда альпиниста.

То же самое можно сказать и об основной теме данной книги, сколь бы малую крупицу она ни составляла в общей сокровищнице человеческих знаний.

Согласно романтическому мифу Платона, в отдаленные времена мир был населен человекоподобными существами, у которых одна половина тела была женской, другая — мужской. Страшные своей силой и мощью, они питали великие замыслы и посягали даже на власть богов. Разгневанные боги разъединили половины тела, из них возникли мужчина и женщина. С тех пор они обречены на поиски друг друга и только в любви обретают утраченное единство.

Ученик Платона Аристотель считал, что зародыш от «холодной» матери получает материю, от «горячего» отца — движение. Поэтому зачатие при теплом ветре благоприятствует рождению мальчиков, при холодном — рождению девочек. Эти и им подобные умозрительные догадки и теории пользовались признанием до конца прошлого столетия.

В XX веке сведения о проблеме пола обогатились фактами первостепенной важности. В рамках нашей ограниченной задачи, о чем было сказано во введении, мы не так далеки от конечной цели своего восхождения. С этой точки обзора и в свете современного состояния проблемы по-

228 ла живая природа предстает перед нашими глазами как

гигантская лаборатория с ее бесконечными удачными и — с точки зрения человека — «неудачными» опытами, пробами, цель которых — приспособление живых существ к вечно меняющимся условиям существования.

И здесь для природы все средства хороши. Совершенные живые существа Платона — гермафродиты, особенно из мира животных паразитов (ленточные глисты, сосальщики и др.), не вызывают у нас приятных эмоций, они не могут рассматриваться как формы совершенные и прогрессивные с эволюционной точки зрения. Тем примечательнее, что, несмотря на наличие у гермафродитов мужских и женских половых органов, большинство из них все же размножается перекрестным оплодотворением, и лишь немногие способны к самооплодотворению. С другой стороны, гермафродитные растения представлены большим числом видов и процветают наравне с раздельнополыми.

Многочисленные примеры приспособительных форм размножения известны у насекомых, амфибий и рыб. У одних видов рыб гетерогаметным является мужской пол, у других видов, родственных первым, гетерогаметен женский пол. У пчел и ос наблюдается периодическая смена половых и бесполов (партеногенетических) поколений. У пчел только матки и рабочие пчелы развиваются из оплодотворенных яиц. При этом лишь матки способны откладывать яйца, в то время как рабочие пчелы, которые представляют собой недоразвитых самок, откладывать яйца не могут. У медоносной пчелы самец оплодотворяет самку один раз в течение всей ее жизни. Сперматозоиды способны сохраняться в семяприемнике самки три года. Семяприемник соединен с яйцеводом и закрывается при помощи особого мышечного клапана. Этот клапан открыт в процессе откладки яиц в ячейки «на рабочих» пчел и непроизвольно закрывается, когда яйца откладываются в более узкие «трутневые» ячейки вследствие давления их стенок на брюшко самки. Таким путем осуществляется контроль количества неоплодотворенных яиц, из которых

развиваются самцы, известные под названием трутней. Не удивительно ли, что часть членов одной и той же многочисленной пчелиной семьи — трутни — не имеют отца!

Точка обзора, на которой мы сейчас стоим, дает возможность взглянуть не только вниз, на пройденный путь, но и вверх и в свете современных данных наметить основные направления дальнейших исследований проблемы пола и ее многочисленные разветвления. Увы, у нас мало для этого оснований. В рамках данной книги мы лишь на короткое время заглянули в немногие, самые главные уголки гигантской лаборатории природы и познакомились только с основами основ проблемы пола. Поэтому для читателей, у которых возникло желание ознакомиться с ней глубже, в конце книги приведен список литературных источников, где они найдут дальнейшие сведения по этому вопросу. Ведь восхождение на заоблачные пики проблемы пола не закончено; оно будет продолжаться бесконечно.

И, наконец, последнее замечание. В эпоху Платона и Аристотеля едва ли была потребность в своего рода «популярных» источниках знаний, подобных тем, которые получили столь широкое распространение в наши дни и примером чего является настоящая книга. В частности, незамысловатый миф Платона о возникновении мужчины и женщины был, надо думать, одинаково понятен как патрицию, так и рабу — в нем все было просто и ясно.

Предшествующие страницы показали, что миф Платона столь же непохож на современную теорию возникновения и определения пола, как и сама древняя Эллада на современность. Поэтому афоризм Аристотеля «знать — значит уметь рассказать ребенку» звучит ныне, как недостижимый идеал, даже с той поправкой на возраст и контингент читателей, которая была обусловлена нами во введении. И тем не менее автор сочтет свою цель достигнутой, если книга будет прочитана до конца и возбудит у читателя интерес к познанию его собственной биологической природы как одному из источников духовного обогащения.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, В КОТОРОЙ МОЖНО НАЙТИ СВЕДЕНИЯ ПО БИОЛОГИИ ПОЛА И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Общедоступные пособия по биологии

1. И. И. Соколов. Половые клетки и наследственность. Л., «Сеятель», 1927, стр. 166.

В книге очень подробно описано строение половых клеток разнообразных представителей животного мира, их роль в определении пола и в передаче наследственных особенностей от родителей детям.

2. Ю. А. Филипченко. Общедоступная биология. Изд. 8-е. Л., «Сеятель», 1926. (В 1928 г. было напечатано 12-е изд., стр. 224.)

Книга рассчитана на самые широкие круги читателей, не обладающих специальностей биологической подготовкой.

3. К. Вилли. Биология. Перевод с английского. М., «Мир». Последнее русское издание вышло в 1968 г., стр. 808.

Книга К. Вилли, несомненно, лучший из всех имеющихся на русском языке учебников по общей биологии. В книге есть главы о строении половых клеток, механизме определения пола и т. д.

4. И. И. Канаев. Близнецы и генетика. Л., «Наука», 1968, стр. 104.

В живой общедоступной форме книга знакомит со многими интересными особенностями близнецов у человека.

Учебники по генетике

5. М. Е. Лобашев. Генетика. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, изд. 1-е, 1963, стр. 489; изд. 2-е, 1967, стр. 751.

6. Ф. Хатт. Генетика животных. Перевод с английского. М., «Колос», 1969, стр. 410.

7. Н. П. Дубинин. Общая генетика. М., «Наука», 1970, стр. 487.

8. И. Гершкович. Генетика. Перевод с английского. М., «Наука», 1968, стр. 702.

9. Н. Н. Медведев. Практическая генетика. М., «Наука», изд. 1-е, 1966, стр. 238; изд. 2-е, 1968, стр. 294.

Справочные пособия, чтение которых предполагает солидное знакомство с общей генетикой

10. В. Маккьюрик. Генетика человека. Перевод с английского. М., «Мир», 1967, стр. 130.

Краткая, удачно написанная книга, затрагивающая все основные вопросы генетики человека.

11. Курт Штерн. Основы медицинской генетики. Перевод с английского. М., «Медицина», 1965, стр. 690.

12. В. П. Эфроимсон. Введение в медицинскую генетику. М., «Медицина», изд. 1-е, 1964, стр. 490; изд. 2-е, 1968, стр. 395.

13. Основы цитогенетики человека. Под ред. А. А. Прокофьевой-Бельговской. М., «Медицина», 1969, стр. 544.

Источники 11—13 представляют собой обстоятельные справочные пособия по медицинской генетике, включая определение пола, хромосомные болезни, исследования на близнецах и т. д.

14. J. W. Gowen. Genetic and cytologic foundations for sex. In: Sex and internal secretion, pp. 3—75. William C. Young (Editor), Third edition. The Williams and Wilkins Co., Baltimore, 1961.

Одна из лучших сводок по генетическим и цитологическим основам пола у животных и у двудомных растений.

*Журнальные и газетные статьи
по медицинской генетике и смежным вопросам*

15. А. А. Прокофьева-Бельговская. Хромосомные заболевания человека.— «Цитология», 1963, т. 5, вып. 5, стр. 487—498.

16. Е. Ф. Давиденкова, Д. Верлинская. Цитогенетические методы.— «Медицинская газета», 1968, 7 марта.

Статьи 15 и 16 содержат подробные сведения о хромосомных болезнях человека. Описан метод определения телец Барра.

17. А. А. Прокофьева-Бельговская, К. Н. Гринберг. Наследственность.— «Здоровье», 1969, № 10, стр. 5—6; № 11, стр. 6—7.

В краткой статье речь идет об общих закономерностях наследственности, о механике расхождения хромосом и некоторых наследственных болезнях человека.

18. Н. П. Бочков. Человек и его гены.— «Московский комсомолец», 1969, 20 ноября.

Кратко рассмотрены вопросы и задачи медицинской генетики современности.

19. В. Карпухин. Хирургия сексуальной патологии.— «Медицинская газета», 1968, 22 ноября.

В статье речь идет о хирургическом лечении и исправлении пороков половой сферы, в том числе и относящихся к хромосомным болезням.

20. С. Осьминина. Оспаривая приговор природы.— «Известия», 1970, 23 мая.

Помимо других вопросов, автор рассматривает проблему организации в стране медико-генетических консультаций.

*Брошюры, журнальные и газетные статьи
по искусственному регулированию пола у животных и человека*

21. В. Н. Шредер. Искусственная регуляция пола потомства у млекопитающих животных.— «Советская наука», 1941, № 3.

В статье описаны опыты по разделению сперматозоидов на фракции предположительно с X- и Y-хромосомами.

22. Б. Л. Астауров. Проблемы искусственной регуляции пола животных.— «Международный сельскохозяйственный журнал», 1962, № 1.

23. Б. Л. Астауров. Цитогенетика развития тутового шелкопряда и ее экспериментальный контроль. М., «Наука», 1968.

24. Б. Л. Астауров. На пороге больших открытий.— «Правда», 1968, 8 октября.

В источниках 22—24 описаны результаты успешных опытов автора по искусственному регулированию пола у тутового шелкопряда и обсуждаются перспективы дальнейшей разработки проблемы.

25. Р. Эдвардс и Р. Гарднер. Выбор пола до рождения. Перевод с английского.— «Литературная газета», 1968, 18 сентября.

26. В. Кобыш. Кембриджский эксперимент.— «Известия», 1969, 20 февраля.

Краткая заметка об опытах Р. Эдвардса и Б. Бевистера по оплодотворению яиц женщины вне организма.

*Журнальные и газетные статьи
по вопросам демографии, рождаемости, материнства*

27. И. Руденко. Женщина.— «Комсомольская правда», 1970, 6 сентября.

28. Женщины о женщине. От редакции.— «Комсомольская правда», 1970, 25 сентября.

29. Еще раз о женщине. От редакции.— «Комсомольская правда», 1970, 15 ноября.

30. И. Руденко. Быль, только быль.— «Комсомольская правда», 1971, 4 февраля.

Источники 27—30 посвящены М. П. Копыловой, доктору медицинских наук, матери десятих детей.

31. А. Азимов. Свобода не быть женой и матерью. Перевод с английского.— «Литературная газета», 1970, 30 сентября.

32. Г. Герасимов. Свобода быть гармоничной личностью.— «Литературная газета», 1970, 30 сентября.

Ответ А. Азимову (см. источник 31).

33. Л. Обухова. Сынок из глины.— «Литературная газета», 1971, 9 июня.

Эту статью полезно прочитать всем, особенно молодым людям.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аборт 96, 132, 211, 212
 Агенты болезнетворные 174, 175, 184; см. также бактерии, вирусы, микробы
 Амеба 32
 Антитела 184, 185
 Антропоцентричность науки 7, 9, 12, 181
 Аутосомы — см. хромосомы
- Бабочки — см. пол
 Бактерии 14, 15, 173, 184
 Беременность 81, 153, 189, 212
 Бесплодие 71, 77, 108, 109, 114, 115, 133, 134, 138, 185
 Бластомеры 146, 147
 Бластула — см. зародыши
 Близнецы 17, 68, 139, 140, 143, 170—175, 178
 — механизм возникновения 143, 146, 147, 158
 — однояйцевые (идентичные ОБ) 17, 103, 139—153, 158—160
 — разнаяйцевые (РБ) 143, 145, 146, 149, 150, 159, 160
 — сестры богемские 151
 — сиамские 151
 — частота рождений 149—151
 — швейцарские 140—142, 148
 Близорукость 154, 171
 Болезни 13
 — инфекционные 13, 18, 170, 173
 — — лечение, ликвидация, профилактика 13, 176
 — кожные 175
 — наследственные 18, 118, 170, 175—177, 211
 — невыясненной природы 120, 170, 175
- Болезни ненаследственные 170, 173, 175—177
 — половой сферы 9, 120
 — сахарная (диабет) 154, 169—171, 177
 — хромосомные 120, 125, 126, 134
 — — синдром Дауна 126, 130, 132
 — — — Клайнфельтера 126—129, 132, 137, 138
 — — — Тернера 126—129, 132, 137, 138
 — — — трисомии-Х 126—129, 132, 137, 138
- Вещества питательные 25, 26, 33—35, 58
 Виды биологические 25, 36, 64, 65, 78, 98, 102, 103, 119, 152; см. также разновидности
 Влагалище 75
 Вирусы 14, 15, 17, 173, 174, 184
 — опухолеродные 172
- Гаметы 54, 64, 93, 94, 96, 106, 120, 135; см. также клетки половые
 — размеры 36, 37
- Гаплоиды — см. организмы
 Гемофилия 118, 170, 177
 Генетика 10, 17, 18, 112, 148, 198; см. также наследственность
- Гермафродиты — см. организмы
 Гибриды видовые 134
 Гинандроморфы — см. организмы
- Гипофиз 72, 79, 81
 Гормоны 69—73, 75, 76, 79, 81, 127

Грибки дрожжевые 48
Группы крови — см. кровь
Грызуны 124
Гуманизм 215; см. также принципы морально-этические

Дальтонизм — см. слепота
Деление клетки — см. клетки
Диабет — см. болезни
Диета 162, 163
Диплоиды — см. организмы
Доноры — см. пересадки
Дрозофила 17, 46—49, 53, 66, 69, 82, 101, 102, 104, 105, 112, 117, 158, 198; см. также пол

Евнухи 72

Единство многообразия 24—26; см. также организмы, разнообразие

Железы внутренней секреции 70; см. также гормоны

— молочные 72, 75, 76

— питунтарная 72

— половые женские (яичники) 36, 45, 51, 53, 65, 71, 74, 76, 81

— мужские (семенники) 36, 45, 53, 61, 65, 71, 74, 76

Животные лабораторные 12—14, 16, 64, 148, 149, 156, 172

— линейные 90, 98, 172

— млекопитающие 15, 24, 26, 64, 69, 73, 95—98, 158

— сельскохозяйственные 17, 69, 95

Жидкость околоплодная 211

Жизнь 23, 24, 82

Зародыши 35—38, 40, 43, 47, 49, 79, 81, 94, 96, 97, 106, 155

Зиготы 106—109, 147; см. также зародыши

Зиготы исключительные — см. пол

Зрелость половая 45, 52, 65, 76, 77, 79, 94, 98; см. также человек

Иммунитет 148, 176, 184, 185; см. также прививки предохранительные

Индекс половой 108, 113, 115, 136

Индейка 198, 199

Инсулин 154, 169

Интерсексы — см. организмы

Исследования лабораторные 16, 18, 117, 156, 182, 190; см. также методы

Инфузории 183

Кастрация 71—73, 214

Клетки 14, 23, 26, 28, 34, 103

— деление митотическое (митоз) 28, 31, 32, 34, 35, 40, 57, 65, 121, 146

— мейотическое (мейоз) 35, 57, 62, 65, 84, 102

— мышечные 43—45, 81

— нервные 43, 45; см. также нервы

— покровные 43, 45

— половые женские зрелые (яйца) 23, 36, 37, 40, 45, 57, 58, 62, 82, 101, 191; см. также гаметы

— исключительные 104, 106—108, 120

— первичные (овогонии) 45, 50, 54—57, 62, 66, 68, 101, 103, 106, 133

— созревание (овогенез) 52—54, 57, 62, 66, 101, 102

— мужские зрелые (сперматозониды) 23, 36, 37, 45, 60—62, 65, 67, 97, 99, 101, 108; см. также гаметы

Клетки половые мужские исключительные 104, 106

— — — первичные (сперматогонии) 45, 54, 55, 59, 62, 101, 103

— — — созревание (сперматогенез) 52—54, 59, 60, 62, 101, 102, 111, 112, 125

— соматические 42, 46, 50, 51, 53, 55—60, 62, 101, 103, 106, 124, 128

— строение 19, 24, 26, 27, 46, 47

— эмбриональные 40, 42, 46

— ядро 26, 49, 121, 196

Кодекс морально-этический — см. принципы морально-этические

Кожа 26, 43, 45, 124

Колхицин 121

Консультации медико-генетические 18, 177.

Коэффициент интеллигентности 160

— корреляции 164, 166, 168

— рождаемости 221—223

Краски ядерные 28, 51, 121, 123

Кровь 44, 45, 70, 81, 121, 170

— группы 168, 169

Кролик 47, 64, 124, 185, 187, 190

Крыса 37, 64

Куры 19, 36, 37, 48, 83, 96, 97, 134; см. также пол, определение

— леггорны 20, 22, 72, 145, 193

— плимутроки 20, 22, 145, 193

— родайленды 22

Леггорны — см. куры

Лейкоциты 121, 170; см. также кровь

Лучи рентгеновы 112, 196

Лягушка 37, 62

Малярия 174

Матка 75, 77, 79—81

Медведь 124

Методы исследований 17, 112, 118—122, 159, 171, 186, 212

Мейоз — см. клетки

Менструации 66, 68, 77, 79, 81, 170, 216; см. также циклы месячные

Микробы 17, 174, 184; см. также организмы одноклеточные

Микроскоп 14, 19, 28, 49, 51, 54

Митоз — см. клетки

Мозг костный 44, 45

Молекулы 26, 28, 29, 34; см. также хромосомы

Молоки 62

Монеты 88, 89

Мышь 13, 28, 48, 64, 76, 79, 90—92, 98, 124, 132, 137, 172, 174

Наркотики 167

Народонаселение — см. человек

Наследственность 10, 27, 31, 50, 97, 103, 140, 145, 149, 152, 155—159, 164, 167—169, 175, 209; см. также генетика

— биологическая 155

— законы 49, 50

Нерасхождение — см. хромосомы

Нервы 43, 69, 70; см. также клетки нервные

Несовместимость — см. пересадки

Обезьяна 36, 72, 124

Обряды 154

Общество 205, 206, 209, 215

Обычаи 154

Овогенез — см. клетки половые

Овогонии — см. клетки половые

Овца 64, 102
 Одуванчик 156—158
 Оплодотворение 24, 25, 36, 62, 64, 67, 69, 79, 80, 93, 101, 103, 135
 — искусственное 181, 183, 192
 Опухоли злокачественные 13, 35, 76, 171, 172
 Организмы гаплоидные — см. развитие девственное
 — гермафродитные 98
 — гинандроморфные 116
 — диплоидные 114, 116
 — интерсексуальные 113—116, 136
 — исключительные 104, 107—111, 114, 118, 120, 124
 — многоклеточные 26, 47
 — одноклеточные 24, 26, 47; см. также микробы
 — развитие 35, 40, 45, 70
 — разнообразие 10, 24, 82, 102, 103, 152; см. также единство
 — сверхсамки 107, 108, 110, 113, 115, 116, 136, 138
 — сверхсамцы 107, 113—116, 136
 — сходство 24, 26, 36, 47, 82
 — тетраплоидные 114
 — триплоидные 114, 116
 Осеменение — см. оплодотворение искусственное
 Отбор естественный 16, 119
 — искусственный 174
 Отпечатки пальцев 152, 153, 169

 Партеогенез — см. развитие
 Патология 15, 73, 76
 Пересадки тканей и органов 72, 141, 148, 149, 184
 Периоды жизни — см. человек
 Плацента 81

Плимутроки — см. куры
 Пол 9, 12, 15, 16, 22, 49, 69, 73, 81, 85, 97, 98, 104, 135
 — бактерий 14, 15
 — вирусов 14, 15
 — гетерогаметный 64, 84, 93, 135, 136, 138
 — гомогаметный 64, 84, 97, 135, 136
 — двойственная природа 73, 75
 — определение 9, 10, 13, 15, 17, 19, 22, 23, 27, 31, 46, 48, 49, 64, 69, 82, 85, 93, 102, 104, 119, 120, 124, 135, 179, 230
 — бабочки и птицы 83—85, 135, 138, 191, 193
 — дрозофила 46—48, 62—64, 69, 82—85, 101, 104, 105, 112—120, 125, 129, 133, 136—138; см. также индекс половой
 — мышь 137
 — растения 14, 15
 — теории 10, 11, 13, 14, 23, 228
 — человек 14, 48, 64, 66—68, 105, 116—120, 124—127, 133, 136—138
 — равенство численное 9, 12, 64, 87, 89, 92, 93, 95—100, 137, 179
 — вторичное 94—96, 98
 — первичное 94, 96—98
 — третичное 94, 98
 — распознавание раннее 187—189, 211
 — регулирование искусственное 9, 17, 180, 185, 186, 194
 — у животных 17, 18, 180, 181, 188, 189, 213
 — у человека 17, 180, 188, 189, 199, 205, 207, 209, 211, 213, 226, 227
 — у шелкопряда 134, 190, 194—198

Пол, типы исключительные (ненормальные) 16, 104, 107—116, 119, 120, 124, 126, 136, 138

— нормальные 15, 16, 105, 108—110, 113, 115, 118, 126, 136, 138

Полиомиелит 13, 174

Породы 20, 90; см. также животные лабораторные

Преступность 166, 167, 169

Прививки предохранительные 13, 184; см. также иммунитет

Признаки вторичнополовые 71—73, 75—77, 127

— наследственные 82, 102, 133, 153

— первичнополовые 73

Принципы замок — ключ 169

— морально-этические 18, 168, 190, 202, 212—216

Прогресс научно-технический 17, 181, 213

Прогрессия геометрическая 40

Продукты питания 204, 205

Птицеводство промышленное 22, 193

Пчела 229

Развитие внеутробное 96

— внутриутробное 36, 40, 42, 45, 52, 66, 67, 70, 74—76, 94—97, 101, 124, 132, 146, 147

— девственное (партеногенетическое) 195—199, 230

— эволюционное 15, 33, 69, 97, 98, 134

— тупики 15

Размножение 24, 52, 65, 69, 76, 77

— бесполое 156, 158

— половое 9, 24, 67, 69, 76, 102, 103, 135

Разновидности биологические 119, 152; см. также виды

Рак — см. опухоли

Раствор гипотонический 121

Растения 14, 24, 156—158

Расы — см. разновидности

Религия 154

Реципиенты — см. пересадки

Родайленды — см. куры

Родословные 98, 99, 118

Роды 153

Рыбы 62

— легочная 36

Сверхсамки — см. организмы

Сверхсамцы — см. организмы

Свинка морская 73

Свинья 97, 124

Секвойя 24, 25

Селекция — см. отбор

Семенники — см. железы половые

Семья 204, 206, 209, 215, 216

Синдромы — см. болезни хромосомные

Скарлатина 175

Скращивания 112, 118, 157

— близкородственные 149

Слепота цветовая (дальтонизм) 170

Собака 13, 124

Совместимость — см. пересадки

Созревание половое — см. зрелость

Сосиски 55, 56, 101, 102, 146

Сперматогенез — см. клетки половые

Сперматогонии — см. клетки половые

Сперматозоиды — см. клетки половые

Среда внешняя 23, 25, 152—159, 161, 164, 168, 175

— внутренняя — см. наследственность

Средства противозачаточные
201

Таланты 168

Танец хромосом — см. хромосомы

Тела желтые 81

Тельца Барра 123, 124, 127—131, 133, 134, 187, 211

— редукционные 56—58, 108

Тетраплоиды — см. организмы

Типы исключительные — см. болезни хромосомные

Тиф сыпной 177

Трансплантации — см. пересадки

Триплоиды — см. организмы

Трисомия-X — см. болезни хромосомные

Тритон 62

Трубы фаллопиевы — см. яйцеводы

Туберкулез 173, 174

Углекислота 44

Уродства 212

Фаги 17

Фибриллы мышечные 44

Фитогемагглютинин 121

Фолликулин 79, 81

Фолликулы 79, 80

Фотоэлемент 194

Холера 13, 174

Хроматин — см. хромосомы, строение

— половой — см. тельца Барра

Хромосомы 27, 28, 49, 67, 87, 102, 108, 112, 117, 122, 170

— аутосомы 53, 58—60, 62, 66, 68, 85, 106, 111, 112, 114, 115, 119, 130—133, 136

— гаплоидные 51, 57, 62, 105, 197

Хромосомы диплоидные 42, 46, 50, 52, 62, 66, 85, 87, 101, 105, 133, 197

— конъюгация 54, 59, 102, 103

— парность 49—51

— половые 53, 54, 58—60, 62, 63, 66, 67, 82, 84, 104—106, 112, 114, 115, 118, 120, 132, 134—136, 192

— — нерасхождение 104, 106, 108—111, 117, 119, 125, 130, 133

— — обозначения 53, 59, 63, 84, 85, 87

Хромосомы, строение 28, 29, 56

— танец 103

— удвоение 28, 35, 53, 101

— уменьшение вдвое (редукция) 51, 52, 54—57, 101—103

— число 27, 28, 45, 49—52, 112, 118, 124, 131

— — постоянство 28, 31, 35, 36, 46, 50, 101, 102

Хрусталик 172

Центрифуга 121, 183

Циклы месячные 70, 81, 143;

см. также менструации
Цитоплазма 26, 28, 29, 31—33, 35, 49, 56, 57, 60, 61, 80, 101, 196; см. также клетки, строение

Человек 13, 14, 16, 36, 37, 47, 48, 82, 190

— особенности душевные 152, 155, 156, 159, 160, 167, 169

— — физические (конституциональные) 152, 155, 156, 159, 160, 169

— периоды жизни 65, 70, 76, 79, 153, 158

— природа биологическая 12, 14, 17, 18, 69, 82, 155, 158, 231

Человек, продолжительность жизни 170

— разнообразие 103, 140, 152

— счастье 167, 206, 216, 219

— численность населения Земли 82, 103, 140, 203

— — — СССР 205, 217, 221

— число клеток 40, 42, 103

Чума 13, 174

Шахматы 40—42

Шелководство 194, 198

Шелкопряд — см. пол

Эволюция — см. развитие

Электрофорез 183, 185, 186

Эритроциты — см. кровь

Юность 45, 52, 76, 79, 153; см. также человек

Ядро — см. клетки

Яйца — см. клетки половые

Яйцеводы 75, 79, 81, 97

Яичники — см. железы половые

Медведев Николай Николаевич

БЕСЕДЫ ПО БИОЛОГИИ ПОЛА

Редактор *А. Шалковская*

Оформление *В. Клименко*

Худож. редактор *В. Валентович*

Техн. редакторы *Г. Романчук, М. Кислякова*

Корректоры *С. Липец, Е. Пастушенко*

АТ 12328. Сдано в набор 25/II 1972 г. Подписано в печать 24/X 1972 г. Бумага 70×108¹/₃₂ типогр. № 2. Печ. л. 7,5(10,5). Уч.-изд. л. 10,96. Тип. зак. 1211. Тираж 70 000 экз. Цена без суперобложки 54 коп., в суперобложке 72 коп.

Издательство «Вышэйшая школа» Государственного комитета Совета Министров БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Редакция литературы по естествознанию и математике. Минск, ул. Кирова, 24. Полиграфкомбинат им. Я. Коласа Государственного комитета Совета Министров БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Минск, ул. Красная, 23.

тне
5, 186
овь

, 153; см.

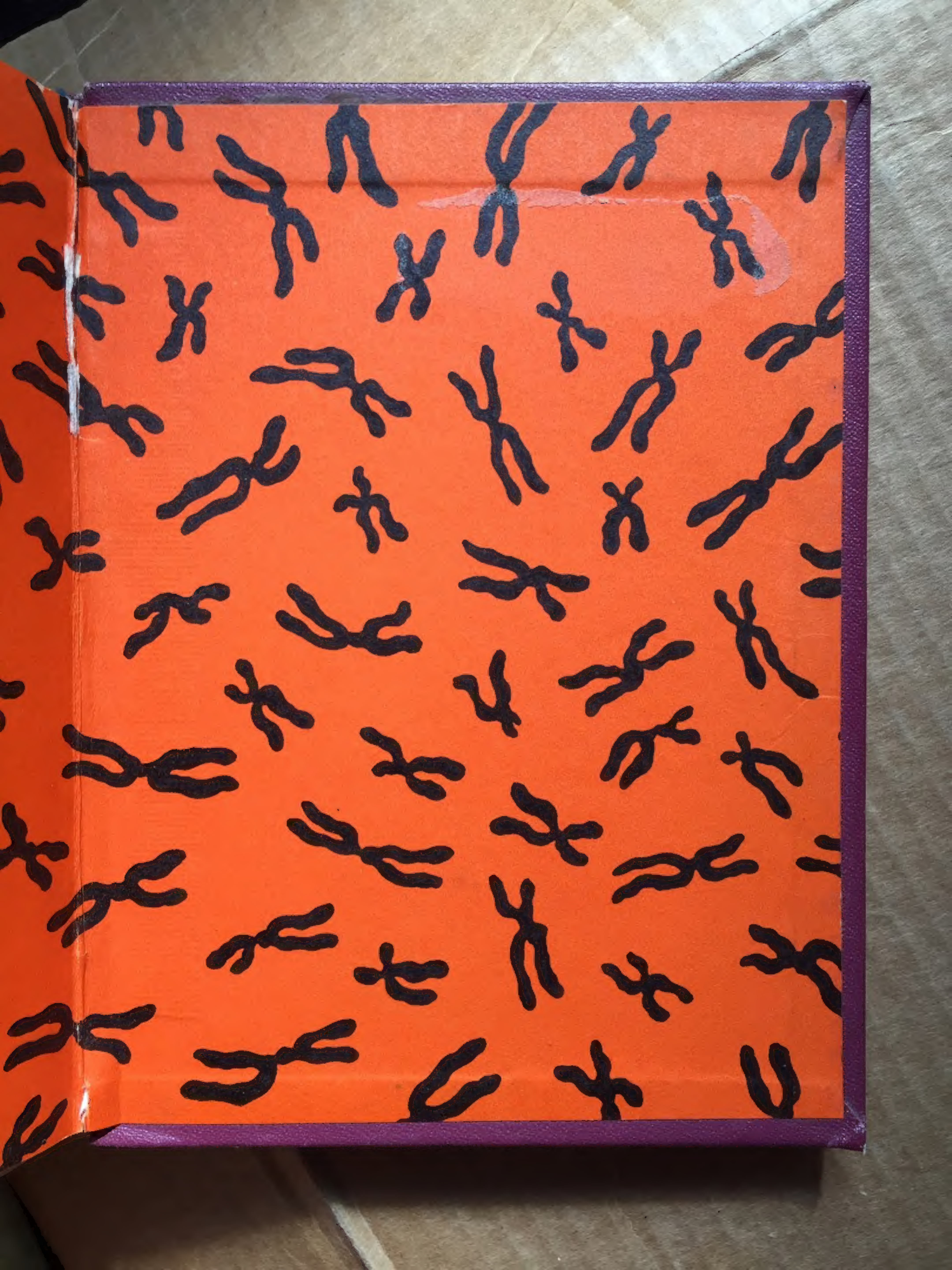
ловые
97

и половые

2 г. Бумага
211. Тираж

ов БССР по
естественнозна-
сударствен-
и книжной





54 r.

H. H. HARRIS

AND

JOHN